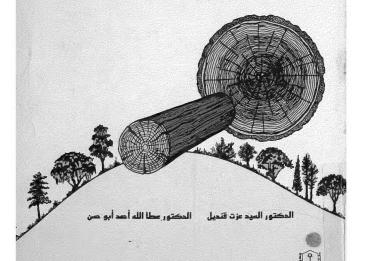
تقنية الخشاب



عبادة شؤون البكتبات



الَّذِي جَعَلَ لَكُو مِنَ الشَّجَوِ الْأَخْصَرِ نَازًا فَإِنَا اَشُهُ مِنْهُ ثُوفِدُونَ ﴿ أَوَلَيْسَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَتِ وَالْأَرْضَ بِقَندِ رِعَلَ الْنَصَٰلُقَ مِثْلَهُ مُ بَلَى وَهُوا لَمُلَّنُ الْعَلِيمُ ﴿ ثَلَ إِنَّمَا أَمْرُهُ، إِذَا أَرَادَ شَيْعًا أَن يَقُولَ لَهُ كُن فَيسَكُونُ ﴾ فَشَبْحَنَ الَّذِي بِيدِهِ مَلَكُونُ كُلِّ مَنْ ءِ وَلِيَهِ ثُرْجَعُونَ الْهُ

تقنيسة الأخشساب

تأليسف

ً الدكتور الميد عزت قنديل الدكتور عطا الله أصد أبو صن

أستاذ الغابسات (سابقًا)

أستاذ تكنولوجيا الأخشاب (سابقًا)

كلية الزراعة _ جامعة الملك سعود



@ 1998م جامعة الملك سعود

جميع حقوق الطبع عفوظة. غير مسموح بطبع أي جزء من أجزاء هذا الكتاب، أو خزنه في أي نظام لخزن المعلومات واسترجاعها، أو نقله على أية هيئة أو بأية وسيلة سواء كانت إلكترونية أو شرائط مخنطة أو ميكانيكية، أو استنساخًا، أو تسجيلًا، أو غيرها إلا بإذن كتابي من صاحب حق الطبع. الطبعة الأولى 1818هـ (1917م).

7V£ , 1

، س ت تقنية الأخشاب/ تأليف السيد عزت

قنديل؛ عطائله أحمد أبو حسن الرياض _ جامعة الملك سعود _ كلية الزراعة

١ - الأخشاب، ٢ - الأخشاب صناعة وتجارة

ا _ أبو حسن ، عطالله أحمد ، مشارك ب_ العنوان

تم تحكيم الكتاب بواسطة لجمة متخصصة شُكلت بناءً على قرار المجلس العلمي في اجتهاعه الثالث عشر للعام الدراس ١٤٠٧/٢٤٦هـ المعقود في ١٩٨٧/٢/١٧هـ الموافق ١٩٨٧/٢/١٥م يسعدني أن أقدم للمكتبة العربية هذا المؤلف الحديث عن وتفنية الأخشاب، الذي يتناول بأصالة وعمق ذلك المجال المهم من علوم الغابات والأخشاب، وهي المادة الخام التي يمكن تجديدها كلها نضب معينها.

إن الإدارة الحديثة لمجاميع الغابات والأشجار في العالم تعطي عائدًا سنويًا من نواتج عمليات القطع المتوسطة والحفيفة وغيرها يسمح بإنتاج خشبي لا يمكن إهداره، ويتطلب الاستغلال الصناعي الأمثل له إلمامًا كبيرًا بالخواص الفيزيقية والكيميائية لتلك المادة الخام.

والواقع أن المكتبة العربية في مسيس الحاجة إلى مثل هذا المرجع القيم الذي يتيح للباحث العربي خلاصة آخر ما توصلت إليه بحوث العلياء في العالم، عما يثري المكتبة العربية بهذه النوعية من المؤلفات التقنية الحديثة، ويدعم أصالة البحث العلمي العربي الحديث.

وفقنا الله إلى رفعة الوطن والمسلمين. . .

وعلى الله قصد السبيل وهو ولينا. . . ونعم المولى ونعم النصير.

دكتور عثمان عدلي بدران أستاذ علم الغابات والأخشاب المتفرغ جامعة الإسكندريـــة

المتديات

صفحة	
	تقديسم .
4	مقدمـــة
١	الفصل الأول: نمو الأشجار وتكوين الأخشاب وصفاتها العامة
1	نمو الأشجار
Α.	تكوين الأخشاب بالأشجار
11	حلقات النمو السنوية
14	الخشب المبكر والخشب المتأخر
1 £	الخشب الحديث والخشب الناضج
10	خشب العصارة وخشب القلب
14	لون ولمعان الأخشاب ورائحتها
7.	قوام الأخشاب وترتيبها
٧٠	المراجسع
74	الفصل الثان: التركيب الميكر وسكوبي للنسيج الحشيي
77	النسيج الخشيي في معراة البذور ومغطاتها
40	تركيب الجدار الخلوى في الأخشاب تركيب الجدار الخلوى في الأخشاب
££	المراجيع

ح الحريات

٤٧ .	الفصل الثالث: التركيب الكيميائي للأخشاب
٤٧	الطبيعة الكيميائية للنسيج الخشبي
٥٧	السليولوز والهيمسليولوز (بوليوزس) بالأحشاب
77	اللجنين بالنسيج الخشبي
٨٥	المستخلصات الخشبية
44	المكونات غير العضوية
٠٠.	تكوين المكونات الكيميائية بالنسيج الخشبي
٤٠١	المراجم
+4	الفصل الرابع: العيوب الطبيعية والنموية والحالات الشاذة في الأخشاب
114	عيوب اتجاه الألياف في الأخشاب وترتيبها
115	الإجهادات النموية في الأخشاب
10	العقد الخشبية
17	جيوب القلف والراتنج والكينو وغيرها
1.4	خشب رد الفعل (الشد والانضغاط)
10	العيوب التجهيزية في الأخشاب
44	المراجع
۳٥ .	الفصل الخامس: التحلل الحيوي للنسيج الخشبي
40	مقدمــة
77	الفطريات المحللة والملونة للأخشاب
٠. ۳3	الحشرات التي تصيب الأخشاب
٤٧	النخارات البحرية
۱. ۱۹	الأساس الكيموحيوي لتحلل الأخشاب
- 1	. 111

ط	للحتويسات
104	الفصل السادس: الخواص الفيزيائية للأخشاب
107	كثافة الأخشاب
177	علاقة الأخشاب بالسوائل
14.	انتفاخ الأخشاب وانكماشها
141	الخواص الحرارية للأخشاب
198	الخواص الصوتية والكهربية للأخشاب
***	المراجـــع
۲۰۳	الفصل السابع: الخواص الميكانيكية والرهبولوجية للأخشاب
7·4 7·4	الفصل السابع: الخواص الميكانيكية والرهبولوجية للأخشاب مقدمــــة
	_
7.4	مقدمـــة
7·7 7·7	مقدمـــة الاختبارات المدمرة للأخشاب
7+7 7+7 71A	مقدمـــة الاختبارات المدمرة للأخشاب المرونة واللدونة والزحف ومباديء رهيولوجيا الأخشاب
7+7 7+7 71A 718	مقدمــة الاختبارات المدمرة للأخشاب المرونة واللدونة والزحف ومباديء رهيولوجيا الأخشاب العوامل المؤثرة على السلوك الميكانيكي للأخشاب
7.7 7.7 71A 71E 377	مقدمــة الاختبارات المدمرة للأخشاب المرونة واللدونة والزحف ومباديء رهيولوجيا الأخشاب العوامل المؤثرة على السلوك الميكانيكي للأخشاب أساسيات الاختبارات غير المدعرة للأخشاب
7.7 7.7 71A 71A 71A 77A	مقدمــة الاختبارات المدمرة للأخشاب المرونة واللدونة والزحف ومبادي، وهيولوجيا الأخشاب العوامل المؤثرة على السلوك الميكانيكي للأخشاب أساسيات الاختبارات غير المدمرة للأخشاب الأساس الكيميائي للسلوك الميكانيكي للأخشاب

ثبت المصطلحات

كشاف الموضوعات

709

Y7V

مندسة

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله، والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء وسيد المرسلين. . وبعد:

فقد وفقنا الله إلى أن نقده هذا المرجع للمكتبة العربية متناولاً تكنولوجيا الاخشاب وفروعها الاساسية؛ لما لهذا الموضوع من أهمية قصوى لكل من يعمل في استغلال الموارد الشجرية، والغابات التي تغطي ثلث مساحة اليابسة وتشمل في الوطن العربي مساحة تقدر بحوالي ١٩٥٨ ٩٥ مليون هكتار ١١).

وهذا المرجع يتناول الأخشاب تلك المادة الخام التي يمكن تجديدها كلها نضب معينها والتي تتزايد أهميتها الاقتصادية في هذا القرن، حيث يبلغ الاستهلاك السنوي من الأخشاب المستديرة فقط فيها حوالي ٢٦٠٠ مليون متر مكعب^(١). ويتوقع أن ترفع كمية استهلاكها ليصل ما بين ٣٨٠٠ إلى ٦٨٠٠ مليون متر مكعب خلال أربعة عشر عامًا،

FAO, Forest Resources in the Integral Development of Society. (Rome: Statistics Published for (1) the International Year of the Forest, 1985).

H Steinlin, Die Holzproduktion der Welt, Okonom.. Aspekte In: Plochmann, R. and H (Y) Loffler, Eds. Holz Als Rohstoff in der Weltwirtschaft. (Landwirtschaftsver-lag, Munster-Hiltup. 1979), pp. 14-44.

FAO, 1982. Yearbook of the Forest Products. (1971-1982. Rome: FAO, 1982), p.408. (*)

ل شب

ومع ضخامة كميات المتوقع استهلاكه تظهر الدراسات إمكانية مجاجة هذا عن طريق التحكم في النمو السنوي للأشجار الذي يصل إلى ٧٠٠٠ مليون متر مكعب في الفتحة نشجة يوميًا ٧٠٠٧ جرام من الفترة نفسها ٢٠٠٠ وقد وجد أن شجرة الصنوبريات الواحدة تنتج يوميًا ٣٧,٧٧ جرام من المادة الخشبية منها ٣٠,٥ جرام سيليولوز، ٨,٢ جرام لجنين، ٩,٥ جرام بوليوزس، ٣٠,٠ جرام مستخلصات خشبية ٢٠٠٠.

ما تقدم يتضح أن الدراسات العلمية للأسس التكنولوجية لنعو الأشجار، وتكوين الأخشاب، وطبيعة هذه المادة الخام الكيميائية والفيزيائية وسلوكها الميكانيكي هي الدعامة التي ترتكز عليها تكنولوجيا تصنيع هذه المنتجات. ومن هنا كانت ضرورة الدراسات التي يضمها هذا المؤلف الذي يقدم لهذه الموضوعات، ويعد إضافة للمكتبة العربية في مجاله، نرجو أن تكون موفقة، والمرجع الحالي يبدأ في بابه الأول بتناول الأسس العامة للنمو الشجري، وفسيولوجيا تكوين الأخشاب بالأشجار بصورة مركزة نعد أكثر شمولاً ما قد كتب عنها في المكتبة العربية من قبل، بحيث يمهد هذا الباب للدحول في صلب موضوعات تكنولوجيا الأخشاب من حيث أسسها العلمية الحديثة، وكيفية الربط وبينها وبين السلوك المتوقع لهذه المادة الخام ذات القيمة الاقتصادية.

ونحن إذ نقدم مؤلفنا هذا نود أن نشكر جميع الزملاء بقسم الإنتاج النباتي بكلية الزراعة بجامعة الملك سعود من الذين تفضلوا بالمساعدة وتقديم العون خلال مراحل إعداد وطبم هذا الكتاب .

والله نسأل أن نكون قد وفقنا في تقديم مرجع حديث إلى المكتبة العربية ليكون عونًا لكل باحث أو عالم في هذا المجال من العلوم التكنولوجية المتطورة.

المؤلفان

D. Fengel, and G. Wegner, Wood; Chemistry, Ultrastructure, Reactions. (New York: Walter (£)

de Gruyter, 1984), p. 613.

W. Sandermann, (Holz., Roh-Werkst. 1973), p. 31,11. (0)

الفصل اللول

نبو الأشمار وتكوين الأغشاب وصفاتها المابة

نصو الأشجار و تكوين الأخشاف بالأشجار
 حالمات النصو السنوية و الحشب المكرو
 والحشب المسلوة والحشب المناسخة والحشب الشاب
 لن ولمان الأخشاب ورائعتها قالم
 لون ولمان الأخشاب ورائعتها قالم
 الأخشاب وترتبها فالمراجع

تمسو الأشجسار Tree Growth

إن جسم النبات الوعائي يتمركز حول محور أسطواني عليه نموات جانبية. هذا المحور الأسطواني مكون من الساق (trunk) والجذر (root) وينتج الساق أو الجذع الاختماب المعروفة تجاريًا عندما يصل إلى مرحلة من النضج (maturity) تسمح بذلك.

ويتكون محور الأشجار أي الساق من مركز يتضمن النسيج الأساسي الموصل للمصارة، وهو خشبي التكوين (xylem). هذا ويصر الساق بعمليات من النمو والأنقسام تؤدي إلى نموه. ويعزى النمو الطولي للأشجار إلى النمو الابتدائي (primary) عند نقط النمو القمي (vascular cambium) أما النمو القطري فهو راجع إلى نشاط الكامبيوم الموعائي (vascular cambium) وهو تلك الطبقة النامية الموجودة بين اللحاء (phloem) والخشب (secondary thickening) ، والنمو في هذا الكامبيوم يؤدي إلى التغليظ الثاني (secondary thickening) .

٩

٧ تقنيـة الأخشــاب

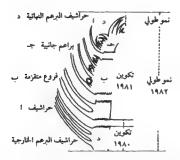
الأنسجة المرستيمية والأنسجة الدائمة بالأشجار

تعد الخلية النباتية هي الرحدة البنائية للنسيج الخشيي، والأنسجة إما مرستيمية (meristematic) وإما دائمة

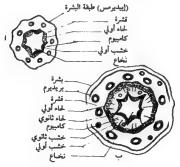
والأنسجة المستيمية هي التي تدخل في عمليات تكوين الخلايا، أما الأنسجة الدائمة فهي التي تكشفت وأصبحت متوقفة أو محدودة النمو، وإن كان هذا لا يمنع من احتواثها على أجزاء قد تصبح مرستيمية عند الضرورة كما في حالة الكامبيوم الفليني.

والخلايا المرستيمية نفسها تنقسم إلى مرستيمية قمية (apical) ومرستيمية ثانوية (meristematic) والمرستيات القمية يُعـزى إليها النمو القمي ، والنقط الطرفية فيها تسمى المرستيات الأولية (promeristems) .

هذا وفي حالة النباتات الأولية فإن خلية واحدة قد تُكون هذه النطقة الطرفية للمرستيم، أما في حالة النباتات الراقية كالأشجار فإنها تكون طبقة (layer) من خلايا للمرستيم، أما في حالة النباتات الراقية كالأشجار فإنها تكون طبقة البلور (angiosperms) معدنة. هذا ويلاحظ تميز واضح في تلك الطبقات في مغطاة البلور النسخص في أن نشوء الخلايا بالقمة النامية يتمركز في مجموعة البدن (corpus) تحيط بها طبقة أو أكثر من الحلايا بالقمة النامية يتمركز في مجموعة البدن (corpus) تحيط بها طبقة أو أكثر من الحلايا هي coniters من المنتجار ذات الأخشاب الصلدة (softwoods) أن المنتجار المنافق ومنافق من الخلايا أما في المخروطيات (softwoods) أي الانسجة بهذا الشكل (شكل 1) والخلايا المتكونة في القمة النامية تدخل في تغيرات بالشكل والحجم بعد ذلك فيها عدا القلة منها التي تظل محتفظة بخواصها المرستيمية (شكل ٢)، وخلال النسيج خطوات التكشف والانقسام والنمو التي تسلكها الخلايا تتكون طبقات خلايا النسيج في الساق فتصبح من الخارج طبقة البرة يليها إلى الداخل طبقة البريدر (periderm) في القشرة (cortex) ، فطبقة اللحاء الأولي فالثانوي ، ثم الكامبيوم الوعائي ، فالخشب ثم القشرة (cortex) ، فطبقة اللحاء الأولي فالثانوي ، ثم الكامبيوم الوعائي ، فالخشب



شكل 1. تخطيط لقطاع في برعم الصنوير عتو على التراكيب الملازمة لموسم النمو التالي ومظهر القمة النامية. (هن 1000, 1000)

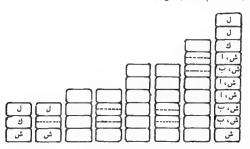


شكل ٢. تخطيط لقطاع في ساق حديث من الصنوبر (من 1969، Larson, 1969) 1 ــ قرب القمة النامية. ب ــ عند نهاية موسم النمو.

الثانوي، ثم الخشب الأولى مضغوطًا إلى الداخل، يليه بمركز الساق الحديث يوجد نسيج النخاع.

الكامبيوم الوعائسي Vascular Cambium

الكامبيوم الوعاتي (vascular) أو الحزمي هو المسؤول عن النمو المحيطي والفطري بالنباتات الحشبية. هذا ويتكون الكامبيوم الوعاتي من نوعية من البدايات الحلوية (cambial initials) ، هما بداية الأشعة (ray initials) ، وبداية الفيوزيفورمية (fusiform initials) وهي التي تنقسم لتعطي الحلايا المنتظمة طوليًّا بالحشب واللحاء عن طريق الانقسام محاسبًّا (شكل ٣).



شكل ٣. انقسام خلايا الكاميوم تخطيطًا (ك) تنقسم لتعطي لحاء (ل) وحشب (ش) ناضج، ش أ ـ ش س، ، ش، خلايا أينية خشبية. (هن بدران وقنديل، ١٩٧٩م).

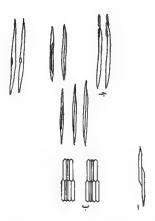
وفي كل مرة ينقسم الكاميوم الأولى الأمي (mother cell) ليعطي خليتين إحداهما تصير خلية أمية لحائية أو خشبية ، والأخرى تظل خلية أمية كامبيومية مرستيمية لها القدرة على معاودة الانقسام مرة أخرى وهكذا . أما الخلية الأمية اللحاثية (أو الخشبية) فهي إما أن تمر بمراحل التكشف والنضج وإما أن تدخل في عمليات انقسام لتكون خلايا من نوعها نفسه ولذلك فإن هناك دائيًا منطقة من النمو النشط حول الكامبيوم بالأشجار لا يمكن تمييزها إلى خلايا أمية أو خلتية أو خشبية وهذه المنطقة تعرف باسم منطقة كامبيومية (cambial region) هذا والبواديء الخلوية الفيوزفورمية لها شكل مغزلي مستطيل مدبب الطرفين وتتباين في الرتب فوق بعضها في المخروطيات أما في الأشجار ذات الأخشاب الصلدة (الأكثر تخصصًا) فهي أقصر نوعًا ومنتظمة في الشكل والترتيب. هذا ومع زيادة عمر الأشجار يزيد عمر الرواديء الكامبيومية الفيوزيفورمية أو المغزلية حتى تصل إلى مرحلة النضيع عند عمر يتراوح بين ٣٠-٣٠ صنة في الأشجار ذات الأخشاب الصلدة وعند ذلك تتوقف في نموها الطولي أما في حالة المخروطيات فيزيد طولها أربعة أضعاف خلال الأربعين سنة الأولى من عمر الأشجار، هذا بالإضافة إلى تأثر طول هذه البواديء بالظروف البيئية والنموية الذي تم بها الأشجار،

هذا والنوع الأخر من البواديء، وهو المعروف باسم بواديء الأشعة، -ray ini) (ray ini) يُعطى أساسًا عند تكشفها الأشعة الخشبية، وتتباين بدرجة متفاوتة في حجمها، وتتميز بقصرها.

نمو البواديء المغزلية Growth of Fusiform Initials

هناك عديد من التفسيرات لنمو الأشجار في منطقة الكامبيوم ، وأكثرها تأكيدًا فرضي Baily بأن النمو المحيطي للكامبيوم هو المسؤول عن النمو القطري في الأشجار، ويحدث نتيجة لزيادة في القطر الماسي للبوادي، الفيوزيفورمية وانقسامها، أي زيادة عددها بالإضافة إلى زيادة طولها وزيادة عدد وقطر البوادي، الشعاعية وقد بين Baily كلاً من هذه العوامل الخصة يؤثر على النمو المحيطي في الكامبيوم ، وإن كان أهم هذه العوامل هو الزيادة في عدد البوادي، الفيوزيفورمية والشعاعية . هذا ويوضح شكل كي كيمة انقسام البوادي، الفيوزيفورمية أو المغزلية في الكامبيوم ، سواء كان من النوع غير المرتب الموجود في الأشجار ذات الأخشاب الصلدة المورّا وشكل ٤).

تقنيسة الأخشسام



شكل ٤. انقسامات البوادي، المغزلية. أ _ في الكامبيوم غير المرتب. ب _ في المرتب. جـــ تكوين الأشعة.

ويتوقف استمرار حياة البواديء الجديدة على مدى طولها ومدى اتصالها بالأشعة الخشبية (wood rays) وعادة يستمر عمل البواديء الطويلة (long initials) كخلايا مرستيمية أما القصيرة فتتحول إلى بواديء أشعة.

هذا ويقاء البواديء منتظمة الطول الواحد هو الضيان لاستمرار الشجرة في إعطاء ألياف ذات أطوال واحدة مع الأخذ في الاعتبار بأن موسم النمو وعمر البوادي. يؤثران مباشرة على طولها الأولي.

نمو البواديء الشعاعية Growth of Rayinitials

تنشأ معظم بواديء الأشعة خلال عمليات تحول البواديء الفيوزيفورمية الفيوزيفورمية المصبرة إلى بواديء أشعة، وتستمر هذه البواديء في نموها بعد زمن لتعطي الأشعة الحشبية (ray initials).

نمو البواديء بالكامبيوم وتكشفها

إن نمو البواديء بعد تكشفها في الكامبيوم يشمل عدة مراحل تنضمن كبر الحجم الخلوي (cell enlargement) ثم التغليظ (thickening) ثم النضح (maturity) هذا والخلايا المتكشفة يوجد بها جدار أولى يحوي مكوناتها البروتوبلازمية، كما أنها تنفصل عن الخلايا المجاورة لها بطبقة الصفيحة الوسطى (middle lamella) . هذا ويبدأ أول أطوار كبر الحجم (cell enlargement) بزيادة القطر وهذه تبدو واضحة في الخشب المبكر أو الربيعي (early wood or spring wood) الذي يتم أساسًا في الاتجاه القطرى في المخروطيات بعكس الأشجار ذات الأخشاب الصلدة حيث تكون الزيادة في الاتجاهين الماسي والقطري، وهذا واضح في الأوعية في الأخشاب المسامية الحلقية، وقبل نهاية طور الكبر الحجمي تدخل الخلية في طور الاستطالة، ونسبة هذه الزيادة في المخروطيات حوالي ٣٠-٣٠ مرة قدر الخلايا الأمية، أما في الأشجار ذات الأخشاب الصلدة فتكون الزيادة من ٤ إلى ٥ مرات ومما سبق يظهر أن القطر الماسي للخلايا الخشبية يرتبط تمامًا بالقطر الماسي للخلايا الكامبيومية الأمية (إلَّا في حالة الأوعية في الأشجار ذات الأخشاب الصلفة) وبالنسبة للزيادة الطولية في النمو لمكونات الخشب هناك عدة نظريات تشرحها، إحداها نظرية intrusive growth وهي تفترض أن مقدمة قمة الخلية الخشبية تشق طريقها بين الخلايا المجاورة وهناك ما يؤكد أن النمو الطولى يتم من خلال نمو سطحي مركزي بالجدار الخلوي الابتدائي (primary wall) عند الأطراف المتقدمة للخلايا النامية طوليًا كما تتم الزيادة في المساحة السطحية للخلايا الخشبية وجدارها الابتدائي بالتراكم (apposition) لمادة الجدار الخلوي، أو إضافة مواد بنائية جديدة بين الميكروفيرلات (microfibrils) (انظر الباب الثاني) الموجود بالجدار الخلوي. أما تغليظ الخلايا ثم نضجها فتتم أطوارها بإضافة ميكروفبرلات جديدة على

الجزء الداخلي من الجدار الابتدائي ليتكون بهذا الجدار الثانوي (secondary wall) ومع هذا تبدأ بواديء اللجنية (lignin precursors) في الانتشار من الكامبيوم وتتكشف بين الميكروفبرلات السليولوزية، ويتم النضح بالخلايا مع تمام لجنتها (lignification).

نشاط الكامبيوم الوعائي يكون موسميًا

ينشط كامبيوم الأشجار النامية في المناطق المعتدلة في خلال فصل الربيع ويكون غير نشط خلال الشناء، وهذا النشاط الكامبيومي يظهر جليًا في الانقسامات الخلوية بمنطقة الكامبيوم التي تبدأ بدورها بناء على إشارات هرمونية من البراعم المتكشفة، ثم النامية عن طريق إفراز هرمون الأوكسين (auxin) بهذه المناطق المتكشفة، ثم انتشاره ووصوله إلى منطقة الكامبيوم التي تبدأ في الانقسامات فور وصول هذه الإنسارات الهرمونية إليها، وقد وجد كثير من الباحثين أن النشاط الكامبيومي يبدأ مباشرة في الساق في حالة المخروطيات والإخشاب الصلدة من المسامية المنشرة وارتساو (ring porous) أما في حالة الأشجار ذات الأخشاب الصلدة المسامية الحقية (ring porous) فقد لوحظ أن النشاط الكامبيومي يبدأ من أعلى قرب البراعم المتكشفة، ويمتد إلى أسفل بالسيقان الشجرية.

تكوين الأخشاب بالأشجار Wood Formation

إذا أخذ بتلخيص 1969, P. Larson, 1969 خطرات تكوين الأخشاب في الأشجار فإنها
تتكون من أربع خطوات تبدأ بإيفاظ الكامبيوم من السكون، ثم انقسام بواديء
الكامبيوم والحلايا الأمية (mother cell) ثم تكشف مشتقات الكامبيوم ثم النضج
(maturity) وفي حالة المخروطيات (والتي درست بتفصيل أكثر) فإنه يتميز خشب الربيع
أو المبكر (spring wood) بالقصيبات المتسعة ذات الجدر الرقيقة، أما خشب الصيف أو
المتأخر فيتميز بقصيبات ضيقة سميكة الجُدُر ويعتقد Larson أن قطر القصيبة المتكشفة
واتساعها تحكمها عواصل فسيولوجية مختلفة، فينما يتحكم حافز هرموني
واتساعها تحكمها عواصل فسيولوجية مختلفة، فينما يتحكم حافز هرموني
المتشيل الضوئي المراكمة (photosynthates) ويمكن أن يُعزى ذلك للحافز الهرموني
التشيل الضوئي المراكمة (photosynthates) ويمكن أن يُعزى ذلك للحافز الهرموني

طبقًا لفـروض Jost في أواخر القرن الماضي وقبل اكتشاف الأوكسين (auxin) بزمن طويل هذا وقد أوضح Larson هـذا المفهوم بدقية باستخدام إندول حيض الخليك (indole acetic acid (IAA)) والأوكسيين المخلق صناعيًا، فوجد أن بإضافة الأوكسين إلى الصنوبر الأحمر (red pine) النامي في نهار قصير الذي كان يعطى قصيبات خشب متأخر صغيرة ضيقة فإنه نتيجة إضافة IAA أعطت بادرات الصنوبر الأحمر المعاملة قصبات منسقة في حين أن المعاملة بمادة مضاد الأوكسين "2-3-5 tri-iodo benzoic acid (TIBA)" لبادرات صغيرة العبر نامية في نهار طويل فإن القصيبات التي نتجت عن هذه المعاملة كانت ضيقة كها وجمد Larson أن تعريض الفروع إلى نهار طويل كونت زيادة نسبية في المواد الهرمونية المشجعة للنمو (growth promoting hormones) بصورة تتمشى مع كمية النمو في الأوراق الأبرية. هذا وقد ظهر من التجارب أن تدرج نسب الأوكسين يتمشى مع التدرج في قطر القصيبات، وبعدها عن الأوراق الأبرية، وقد تمكن كلا من Kennedy and Balenteez من الحصول على خشب مبكر في سيقان أشجار larix خلال إعطائها لخشب متأخر بمعاملتها بأوكسين مستخرج من لحاء نشط لشجرة نامية، وقد وجد أن تركيز الأوكسين (auxin) يتناسب طرديًا مع قطر القصيبات المتكونة بالأشجار.

هذا وقد وجد Larson أن سمك الجدار الخلوي بعد مستقلاً بدرجة كبرة عن قط القصيبات المتكونة (وهو الذي يتحدد بكمية المرمون الذي يصل إليه) إذ إن سمك الجدار كان متوقفاً بدرجة كبرة على كمية السكروز أو بأنواع التمثيل(photosynthate) الجدار كان متوقفاً بدرجة كبرة على كمية السكروز أو بأنواع التمثيل هذه العوامل الذي يصل للقصيبة المتخشفة. إلا أن هناك حالات من التداخل بين هذه العوامل القصيبية حيث يكون هناك تداخل ما بين تأثير الهرمون وتأثر السكروز نتيجة لعملية التمثيل خلال التكشف الأولى للجدار الشانوي، كما ذكر Larson فإن أكثر الصور شططاً لهذا التداخل هو ما يحدث في تكوين خشب الضغط (compression) في المخروطيات الذي يتكون في الجانب الأسفل من الجذوع المائلة حيث يتركز نسبة عالية من الأوكسين في هذا الجزء مكونًا خشب الضغط أو الانضغاط الذي يتميز بقصيبات

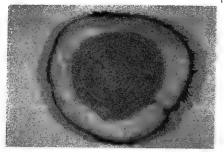
متسعة القطر سميكة الجلر في الوقت نفسه، وهي تماثل في اتساعها تلك القصيبات المتكونة في الخشب الحديث (juvenile) بسيقان المخروطيات أو المعاملة بتركيز عال من الأوكسين. هذا وتعد نظرية Larson مبسطة لمفهوم تكوين الأخشاب بسيقان الأشجار، وإن كانت الحاجة ماسة إلى أبحاث عديدة، لكي تشرح كل العوامل المؤثرة على تكوين الاخشاب بالأشجار.

ويظهر من هذا أن كلًا من سمك الجدار الخلوي واتساع القصيبة يمكن تغيره يدون التأثير في الآخر أي أنها ظاهرتان منفصلتان فسيولوجيًا، أي أن قصيبات الخشب المبكر رقيقة الجدر واسعة القطر تتكون عندما تسمح الظروف النموية للشجرة باتساع القصيبات من حيث توافر تركيزات عالية من الأوكسين في أول موسم النمو، في حين يكون زيادة التغليظ الثانوي متوافقة معانتهاء فصل النمو، أو تكوين الخشب المتآخر في بدايته، وحسب فرض النظرية هذه فإن قطر القصيبة يتحدد بمدى بعدها عن مصدر الأوكسين المفرز بالشجرة، ومع قرب نهاية موسم النمو فإن الانخفاض في اتساع القصيبات يحدث أولاً عند قاعدة الساق، ثم يتقدم إلى أعلى بالساق وخارجًا بالحلقات النموية حيث يتم تكوين خشب الصيف أو المتأخر ضيق القصيبات وهو الذي يتكون عندما تفصله ظروف النمو بالشجرة، وإذا أخذنا مفهوم (1928) Mork للخشب المتأخر على أنه الخشب الذي به عرض الجدار الخلوي بين قصيبتين متجاورتين مضروبًا في إثنين يساوي عرض الفجوة الخلوية (lumen) أو أكبر منه نلاحظ أن هذا المفهوم يفترض تغيرًا تلفـائيًا في الاتساع، وسمك الجدار، ويربط بينهما، كما أنه لا يصلح في حالة الأخشاب ذات الانتقال الفجائي بين خشب الربيع وخشب الصيف، ولا يصلح مع الخشب الحديث أيضًا، وهنا نلحظ عدم وجود تعريض شامل لخشب الصيف المتآخر أو خشب الربيع المبكر في ظل نظرية Larson لتكوين الأخشاب حيث إن الاتساع وسمك الجدار يختلفان بطريقة مستقلة بعضها عن بعض، ويهذا يظهر أن هذه التعريفات تعرفات وضعية فقط تفيد في دراسة ثوابت نوعية الأخشاب quality . .

هذا ونـلاحظ أيضًا أن ظروف النمو بالتاج الشجري تنحكم بدرجة كبرة في تكوين الأخشاب بالساق، ومن الواضح أن تكشف مشتقات الكامبيوم يتوقف على عوامل متعددة داخل الشجرة.

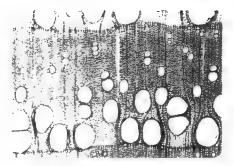
حلقسات النمسو السنويسة Annual Growth Rings

من المظاهر الواضحة في القطاع العرضي بسيقان الاشجار النامية في مناطق معتدلة وجود حلقات مركزية متنالية، ويرجع حدوث هذه الحلقات وتكوينها إلى النمو السنوي في الأشجار بتلك المناطق المعتدلة (شكل ٥) أما في المناطق المدارية فإن الحلقات النموية إذا وجدت فإنها تعبر عن فترات الجفاف وليس نشاط النمو السنوي المتظم.

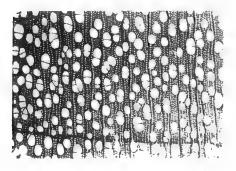


شكل 6. حلقات النمو السنوية وموقع خشب القلب قاتم اللون وخشب المصارة فاتح اللون في قطاع بأشجار المرهر النامية في جال عسير بالملكة المربية السمودية.

وتنشأ الحلقة النموية السنوية نتيجة لنشاط الكامبيوم الوعائي الذي يعطي سنويًا خشبًا إلى الداخل (خشب مبكر في أول موسم النمو، يليه خشب متأخر، أو خشب صيفي في نهاية فصل النمو) وفي الأشجار ذات الأخشاب الصلدة (hardwoods) توجد أنواع عدودة من توزيعات الأوعية الخشبية بالحلقات السنوية، فهناك المسامي الحلقي مثل البلوط (Quercus rubre) حيث تتباين بشدة اتساعات أوعية خشب الربيع عن الصيف (ring porous) (شكل ۲) وهناك المسامي المنتشرة حيث يكون اتساع الأوعية غير عمرض الحلقة السنوية (diffuse porous) كي في خشب الرائل ۷) أو

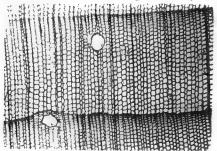


شكل ٦. توزيع الأوهية في صالدات الأخشاب كيا يظهر في الأخشاب المسامية الحلقية.



شكل ٧. الأخشاب المسامية المتشرة.

القيقب (Acer) وهناك نوع متباين هو الخشب نصف المسامي. أما بالنسبة للاخشاب المخروطيات فهناك أيضًا تباين في اتساع وسمك جدر القصيبات، وجداً يكون هناك إما انتقال تدريجي بين خشب الربيع المبكر وخشب الصيف المتأخر (شكل ٨) وإما أن

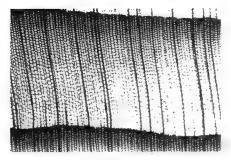


شكل ٨. الانتقال بين خشب الربيع المبكر وخشب الصيف المتأخر في المخروطيات كما يظهر في الانتقال التدريجي.

يكون هناك انتقال فجائي (شكل ٩). هذا وتباين الحلقات السنوية في السمك حسب طبيعة وطول موسم النمو، وسمك الحلقة السنوية له علاقة مباشرة بكثافة الأخشاب المتكونة بالتالى (Desch. 1968).

الخشب المبكر والخشب المتأخر Earlywood and Latewood

في المناطق المعتدلة يكون هناك فترة نمو سريع في أوائل موسم النمو أو الربيع وفترة نمو بطيء في آخر موسم النمو، أو قرب الصيف، والأخشاب المتكونة في أول فصل النمو هي الأخشاب المبكرة، أو أخشاب الربيع والخشب المتكون في آخر موسم النمو هو الخشب المتأخر أو خشب الصيف. وتتكون حلقة النمو السنوية من كل منها أي من خشب مبكر وخشب متأخر.



شكل ٩. الانتقال الفجائي بين خشب الربيع وخشب الصيف بالمخروطيات.

ويتضح من سردنا لفسيولوجية تكوين الأخشاب (تكوين الأخشاب بالأشبجار) أن خشب الربيع أو الخشب المبكر يتكون عندما تفضله ظروف النمو بالشجر من حيث النشاط الخضري بالتاج، وبالتالي تكوين إفرازات هرمونية مثل الأوكسين بتركيز عال، وهذا يؤدي إلى إعطاء أقطار متسعة للقصيبات التي تتكشف مبكرًا في فصل النمو، وتكون جدرها أكثر رقة ؛ نظرًا لأن مادة التمثيل الضوئي لا تكون قد تراكمت بعد في أول موسم النمو، أما خشب الصيف أو المتأخر فإن ظروف النمو في آخر موسم النمو نفضله نتيجة إنخفاض النموات الخضرية الحديثة، وبالتالي قلة تركيز الأوكسين، وعلى ذلك يكون قطر قصيباته أضيق قليلاً كما أن نهاية موسم النمو يصاحبها تراكم في مواد التمثيل الضوئي (photosynthates) وبالتالي تكون الجدر أغلظ من الجدر المكونة في الخشب المبكر. وهكذا تتكون قصيبات الخشب المتأخر ذات الجدر السميكة والأقطار الضيقة (Zimmerman, 1964).

الخشب الحديث والخشب الناضع Juvenile and Mature Wood

إن الخشب قرب مركز الساق في الأُشجار يسمى خشبًا حديثًا على أساس أنه نكـون من كامبيوم حديث السن في حين أن الخشب الخـارجي قرب قاعـدة الساق بالاشبجار هو خشب تكون من كامبيوم ناضع عمريًا؛ ولهذا يشار إليه على أنه خشب ناضج (mature) ويعرف Rendle الحشب الحديث على أنه وخشب ثانوي أنتج خلال الفترة الأولى من حياة الشجرة، وله بالتالي عيزات تشريحية محدودة».

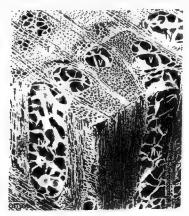
هذا ويتكون الحشب الحديث بتأثر كبير للمرستيات القمية بالساق فعع نمو الأشجار لأعلى فإن الكامبيوم في أي منطقة بالساق يصبح أقل تأثرًا (أي أبعد) بهذه المرستيات القمية في الساج الشجري، وبالتالي ينتج خشب ناضج أي أن السمية مرتبطة بحداثة أو نضج الكامبيوم الذي ينتج الحشب. وتتحدد الصفات التكنولوجية للخشب الحديث بطريقة تكوينه، وعادة يكون أضعف ميكانيكيًّا، وتركيبه الكيميائي غتلف عن الخشب الناضج، وهذا كله راجع إلى حداثة البواديء الكامبيومية التي تكشف منها.

خشب المصارة وخشب القلب Sapwood and Heartwood تكوين خشب القلب

إن التباين في اللون ما يين خشب القلب وخشب العصارة يبدو واضحًا في القطاع المحرضي لسيقان الأشجار خاصة تلك الميزة بالمستخلصات الملونة لحشب القلب مثل الجوز (walnut) أو العرعر (Juniperus prolera) هذا ومعظم الأشجار تتميز بوجود جزء داكن الملون في مركز الساق يحيط به خشب العصارة الأفتح لونًا، وهذا اللبيان الملوني من الخطأ أخذه مقياسًا عمد لخشب القلب إذ أن المقياس الأدق هو مدى غياب الخلايا الحية من منطقة خشب القلب، وقد أثبت Bosshard من موت الحلايا المرستيمية والأشعة الحشبية هو أول تحويل يطرأ على خشب المصارة ليحوله إلى خشب قلب، وقد تأكد هذا من دراسات على التركيب فوق الدقيق بالميكروسكوب الألكتروني، قام به الاستخاص تركيز الأكسجين بالخلايا الحية في المنطقة المركزية بساق الأشجار هو أحد الأسباب الرئيسة المؤدية لتحول خشب العصارة إلى

١٩ تقنية الأخشاب

هذا ويمتاز خشب القلب بوجود نسبة عالية من المستخلصات (extractives) الحشبية (أنظر الباب الثالث) كما توجد به كمية من الصبغات والمواد الملونة تجعل لونه أكثر دكانة، ويرجع Frey Wyssling خلك إلى أن انحفاض تركيز الأكسجين بالخلايا الحية الداخلية في خشب العصارة (قبل دخوله في تحول إلى خشب قلب) يغير من النظام الأنزيمي بالخلايا، وهذا يسمح بأكسدة وبلمرة وتغيرات كيميائية متسلسلة للفينولات القليلة التركيز الموجودة ويؤدي هذا إلى تكوين مواد ملونة تميز خشب القلب أيضًا عن المناطق التي لم تزل خلاياها حية في خشب المصارة. . وتميز خشب القلب أيضًا بوجود جيوب أو رواسب صمغية مثل جيوب الكينو (kino) في الكافور والتليوزات في بوجود جيوب أو رواسب للصلاة (yloses) (شكل ۱۰)، وهي عبارة عن تكوينات تسد الأوعية الحشبية، وتنشأ في الأوعية المجاورة خلايا برانشيمية بالأشعة الحشبية،



شكل ١٠. التيلوزات كما تبدو بلليكروسكوب الأليكتروني الماسح SEM في السنط الكاذب. (عن Core, Cote and Dan, 1976) .

وعند تكوينها تنتقل محتويات الخلية البرانشيمية الحية إلى الفراغ الوعائي من خلال غشاء نفرة بين الخلية والوعاء، وتنمو هذه التليوزات داخل الوعاء لتسده، هذا وتنتقل المكونات الحية للخلايا البرانشيمية عبر النقر لتكون هذه التيلوزات وقد أثبت . Chatta ميكرون حتى way في 1959م أن فتحة النقرة بجب أن يزيد قطرها عن عشرة ميكرون حتى يمكن أن تتكون تيلوزات عبرها بالأوعية الخشبية المجاورة لخلايا مر ستيمية، هذا وإذا قطر النقرة عن ذلك فإن ما يتكون هو رواسب صمغية (gum deposits) ولا تتكون تبلوزات ولقد أثبت (gum deposits) أن التيلوزات تنشأ من بروتربلازم البرانشيا المجاورة للأوعية الخشبية.

ومن الصفات المميزة تحشب القلب درجة مقاومته العالية للتحلل ويطلق عليها لا من خشب العصارة نظرًا لوجود التلوزات والرواسب للصمغية والمستخلصات عالية التركيز، وهذا يرفع من درجة مقاومته للتحلل بالفطريات والإصابة الحشرية إذ إن المديد من المركبات الفعالة في المستخلصات تعد من المركبات العضوية السامة للقطريات والحشرات (Kollman, F. and W. Côte).

هذا ويتفاوت سمك خشب العصارة من عدة حلقات نموية سنوية كها في السنط الكاذب (Robinia pseudoacacia) إلى عديد من الحلقات النموية السنوية كها في الماقوليا (Maguolia grandiflora) .

خشب العصارة المحتوى Included Supwood

توجد هذه الأخشاب كنسيج خشبي داخل خشب القلب ولكن له بعض صفات خشب العصارة ومن الحالات المشهورة خشب العرعر (Juniperus sp.) فيوجد به خشب العصارة المحتوى، وهو نسيج خشبي داخل خشب القلب إلا أنه يحتوي على مستخلصات تقارب نسبة مستخلصات خشب العصارة، وبه نسبة رطوبة عالية عن الانسجة المحيطة به من خشب القلب وهذه المناطق داخل خشب القلب تبدو أقتح لونًا

(شكل ه) وتسبب هذه المناطق مشكلات في التصنيع، وعادة ما تظهر تشققات وانفصال بينها وبين خشب القلب المحيط بها، وقد أثبت Mc Ginnes and Kandeel في هام ١٩٦٩م أن خشب القلب المحتوى كان عادة مصاحبًا للجروح في الأشجار في منطقة الكاميوم عند تكشف أنسجة هذا الحشب كها وجدا أنه كان مصاحبًا في كثير من الأحيان بأنسجة ناشئة عن الجروح في أخشاب السيدر الأحر الشرقي (castern red وهو من جنس بعن الجروح في أخشاب السيدر الأحر الشرقي cedar) بمنطقة الكاميوم.

لون ولمان الأخشاب ورائحتها . Colour, Luster and Odour

يختلف لون الأخشاب بشدة بين الأنواع المختلفة من الأخشاب، كما يختلف داخل النوع نفسه من الأخشاب، هذا ويتباين لون خشب العصارة وخشب القلب داخل الشجرة الواحدة. ويحدد اللون عادة استعمال الأخشاب، كما هو معروف في خشب السيدر الأحمر الشرقى (eastern red cedar) والجوز (walnut) والأبنوس (ebony) Diospyroes ebenum)) هذا وقد تطرأ تغيرات في اللون نتيجية لتفاعلات ضوئية تؤثر على التركيب الكيميائي للمواد الملونة والمستخلصات المسؤولة عن لون الأخشاب، أو يحدث تأثير للأشعة فوق البنفسجية مع اللون كها هو الحال في السيدر الأهمر الشرقي. هذا وقد يستغمل اللون لتميز أخشماب القلب كما يجري في الصنوبريات، وهذا يبني على أساس وجود مستخلصات كيميائية معينة تتفاعل لدينا مع إضافة مواد كيميائية خاصة، أو عند درجة حوضة محددة فمثلًا إضافة benzidine إلى خشب الصنوبر يعطى لونًا أحمر؛ نظرًا لوجود مركبات مستخلصة عددة من pinosylvin phenols وهذا يختلف عن تضاعل Maul اللوني لتميز المخروطيات من الصالدات والذي يبني على المحتوى الميثوكسيل لكل من نوعي الأخشاب (الباب الثالث). وهذا التفاعل يتلخص في المعاملة بالبرمنجنات للأخشاب في وجود تركيز ٢٪ حامض هيدروكلوريك، ثم بإضافة الأنيلين أو الأسونيا فيتكون مركبات ملونة في مجموعات البروبات الفينولي باللجنين (انظر الباب الثالث). وتكون حمراء في حالة الصالدات، وبنية اللون في المخروطيات. كما أن التفاعلات اللونية تستغل في تمييز

أخشاب القلب من أخشاب العصارة في الجنس نفسه كما في حالة خشب الأرو (aoa) الذي يعطي خشب العصارة فيه لونًا أصفر مع دليل المثيل البرتقالي المخفف في حين يعطي خشب القلب لونًا أحمر، وهذا التفاعل اللوني بجرد تفاعل راجع إلى تغير رقم حوضة الخشب عما يغير لون الدليل الكيميائي المضاف إليه.

هذا ومن المكن الحصول على صورة فوتوغرافية متعددة الدرجات في كثافتها، وقميز بهذا خشب القلب من خشب العصارة، وذلك عن طريق وضع فيلم غير محمض عليها ثم تحميض الفيلم عقب ذلك، وهذا هو ما يعرف باسم تأثير رسل (Russel ef (Russel ef في عام ١٩٦٠ م هذا التأثير إلى وجود مواد نختزلة طيارة قد يكون أحدها فورمالدهيد بدرجات مختلفة التركيز في خشب القلب وخشب العصارة (Kollman and Cóté, 1968).

أسا خاصية اللمعان «uster » فهي إحدى خواص الحشب التي تحدد مدى عكسه للضوء، وهي ترجم إلى وجود مواد شمعية أو زيتية بالحشب بالإضافة إلى زاوية سقوط الضوء نفسها على القطاع الخشبي .

أما الطعم والراتحة فها أيضًا صفتان ترجعان إلى وجود نوع من المستخلصات الخشبية (extractives) القادرة على إعطاء مركبات حرة تنطلق إلى الجو المحيط في صورة جزيئات حرة (free molecules) هذا والجدار الخلوي نفسه ليس له رائحة محددة، وإنها ترجع السائحة إلى وجود هذه المستخلصات أو الرواسب الصمغية كما في أخشاب الصندل (Sanialum lanceolatum) الذي ترجع رائحته إلى مركبات وsesquiterpenes مثل مادة canceol أو رائحة السيدر المميزة التي ترجع إلى عديد من الكيتونات بهذا الحشب (Kandeel, 1985).

هذا وتتناسب قوة الرائحة مع تركيز المستخلصات ويفيد المذاق والرائحة في عملية التصرف على الأخشاب، وتميزها كها يتحدد استخدامها في بعض الصناعات الخاصة. (Panshin and De Zeeuw, 1980).

٧.

قوام الأخشساب وترتيبسها Wood Grain and Texture

إن قوام الأخشاب يُقصد به مدى نعومة الأخشاب أو خسونتها وهذا يقاس ميكروسكوبيًا بالعرض الماسي للقصيبات (أنظر الباب الثاني). أما ترتيب الألياف (wood grain) فيقصد به ترتيب المكونات الخشبية معًا داخيل القطاع الخشبي، فقطاعات الأخشات الأخشات الأخشانة الساق، أي من قطاعات دائرية، وعلى هذا فهي إما قطاعات عرضية (cross) وإما مماسية للحلقات السبوية (الدائرية) بالساق (trangential) أما إذا كان السطح المرض موازيًا للاتجاه القطري في الساق فيسمى قطاعًا قطريًا (radial) حيث يكون القطع فيه موازيًا لاتجاه (Panshin and De Zeeuw, 1980).

أما ترتيب الألياف نفسه فهو راجع إلى وضع المكونات الخشبية (الباب الثاني) ممًا عند تكشفها داخل الشجار. هذا وتحد الألياف في النمو رأسيًا داخل ساق الأشجار في اتجاه محور الساق وهذا واضح إذا كان الترتيب خطيًّا أو طوليًّا (straight grain) أو المتموج فيظهر هذا في أخشاب نموها فيه هذه الصفات مثل القيقب (Acer sp.) كما أن هناك ترتيبًا تتشابك فيه الألياف وتتقاطع، ويسمى (interlocked) كما في انحشاب الماهوجني، وفيه ينعكس اتجاه الألياف فجأة داخل الأشجار في حلقات النمو المتتالية كما في الكايا والماهوجني (Khaya sp. & Switenia macrophylla).

المراحسج

أولاً: المراجم العربية

النجار، لطيف وتوفيق، سمير ١٩٨١م. *تكنولوجيا الخشب.* الطبعة الأولى، وزارة التعليم العالى والبحث العلمي، الجمهورية العراقية.

بدران، عثمان وقنديل، السيد عزت ٩٧٩م. أساسيات علوم الأشجار، وتكنولوجيا الأخشاب. دار المطبوعات الجديدة، القاهرة.

ثانيًا المراجع الأجنبية

- Desch, H. 1968. Timber and Its Structure and Properties. McMillan, London.
- Kandeel, S.A.E. 1985. Chemical and Pharmaceutical Forestry Products. FAO 1X World Forestry Congress. Position Paper, Item II - 2.5..Mexico.
- Kollman, F. and Côté W. 1968. Principles of Wood Science and Technology. Vol. I. Solid Wood. Springer Verlag. New York.
- Larson, P.R. 1969. Wood Formation and the Concept of Wood Quality. Tale University Press. New Haven.
- McGinnes, A. Jr., Kandeel S.A.E. and Szopa P. 1969. The Frequency and Selected Anatomical Features of Included Sapwood in Eastern Red Cedar. Wood Science., 3 (20).
- Core, H., Côté W. and Day A. 1976. Wood Structure and Identification. Syracuse Univ. Press. New York. p. 168
- Panshin, A.J. and dezeeuw C. 1980. Textbook of Wood Technology. Vol. I. 4th ed. McGraw Hill. New York.
- Zimmerman, M. 1964. 1968. The Formation of Wood in Forest Trees. Academic Press. New York.

التركيب اليكر ومكوبي للنسيس الكشبسي

Microscopic Structure of Wood Tissues

التسبيج الخشبي في معراة البذور ومضاعها
 وتركيب الجدار الخلوي في الأخشاب

، المراجم

النسيج الخشبي في معراة البذور ومغطاتها

Wood Tissue in Gynnosperms and Angiosperms

المكونات الأساسية للنسيج الخشبي

النسيج الخشبي يشتمل على مكونات من خلايا برانشيمية وخلايا بروزنشيمية. هذا والخلايا البرانشيمية لا تختلف في المخروطيات عنها في مغطاة البنور؛ إذ إنها عادة ما تكون قصيرة رقيقة الجدر، ذات نقر بسيطة، وقد يختلف شكلها حسب موقعها في النسيج وإن كان أكثر أشكلها انتظامًا يوجد في معراة البذور بالأشعة الحشبية حيث تأخذ الشكل القالبي (brick shape). هذا وتبلغ نسبتها في معراة البذور أقل من ٥٪ من النسيج الحشبي حجميًا في حين أنها غثل من ٧-٨٪ في المت امن حجم النسيج الحشبي في مغطاة البذور، وقد تزيد هذه النسبة لتصل إلى ٢٠٪ في المتوسط بالصالدات الحشبي في مغطاة البذور، وقد تزيد هذه النسبة لتصل إلى ٢٠٪ في المتوسط بالصالدات ذات المترسطة المتراكمة (aggrigates).

وعمومًا فإن تركيب النسيج الخشبي أبسط في المخروطيات (معراة البذور) فمع البرانشيها الموجودة بالأشعة والفنوات الراننجية توجد البروزنشيها من القصيبات التي تمثل • ٩/ من حجم النسيج الخشبي تقريبًا. أما صالدات الأخشاب بمغطاة البذور فهي أكثر تعقيدًا من الوجهة التركيبية.

هذا وتشمل مكونات النسيج الخشبي بالمخروطيات القصيبات وبروزنشيا، والحلايا الطلائية (epithclial) المحيطة بالقنوات الراتنجية، وهي خلايا برانشيمية هذا بالنسبة للمكونات الممتدة بطول محور ساق الشجرة أي بطول محور النسيج الخشبي (جدول رقم 1).

جدول ١. مكونات النسيج الخشبي في المخر وطيات.

مكونات عرضية	مكونات طولية مع محور الساق
(ray tracheids) عميات شعاعية	1_1 _قصيبات طولية (بروزنشيها) ب _قصيبات متراكية (strand tracheids)
٣- برانشيسها	٧_ برانشيــــا
أ برانشيها شعاعية (ray parenchyma).	ا _ برانشيها طولية
ب - برانشيا طلالية	ب _برانشيا طلائية

أما المكونات الممتدة عرضيًا في النسيج الخشبي فتشمل القصيبات الشعاعية (بروزنشيا) والحلايا الطلائية المحيطة بالقنوات الراتنجية الممتدة عرضيًا، والقصيبات الطولية في المخروطيات هي خلايا بروزنشيمية طويلة قد تصل في السطول إلى ٧ ملم كيا في السكسويا (sequoia) (جسلول رقم ٢) وهذه الخلايا البروزنشمية أو القصيبات ذات نهايات مغلقة، وهي متعددة الأسطح ومديبة الأطواف.

وتبدو سداسية في مقطعها العرضي. وعادة ما يؤخذ الاتساع أو القطر المسامي للقصيبات مقياسًا للدجة نعومة القوام (texture) بالأخشاب.

جدول ٧. أطوال وأقطار (عاسية) القصيبات الطولية بالمخروطيات

متوسط القطر ميكر ومتر UM	_	متوسط ا مليم	الأسم العلمي		
	أقمسر	أعلى			
A٠	٥,٧٩	V, 44	Sequoia sempervircus		
٧.	7.12	0.49	Taxodium distichum		
70	0,18	0,84	Pinus lambertiona		
۳.	Y, AY	2.14	Larix occidentalis		
7 -	٧,٨٣	7,74	Pinus monticola		
٦.	_	£.4.	Pinus palustris		
7.	8.87	£ , Ae	Pinus echinata		
7+	_	\$,77	Pinus taeda		
7.		£,0A	Penus elhotu		
7.	7,07	£, • A	Pinus ponderosa		
3+	_	4,4.	Punus jeffreyi		
7.	_	4.14	Abies concolor		
٦.	4,.0	4,04	Abses grandes		
7.	_	٣, ٣٣	Abres magnifica		
7.	_	4.14	Alues procera		
00	4,14	4,41	Pinus contorata		
00	0, 77	0,50	Picea sitchensis		
00	_	Y, A.	Psendotsuga man zicsu		
		۳,۱۸	Chamaecyparis lawsonsana		
Ø 4	-	۳,٦	Calocedrus decurrens		
0 -	٧,٨٧	۳,1۰	Tsuga heterophylla		
	4,44	T, 0T	Abies balsamea		
0 +	-	_	Abies fraseri		
ξo	4,01	۲,۷۰	Pinus resınosa		
£ 0	۳,۰۰	٣,١٨	Thuga plicata		

تابع جدول ٢ .

متوسط القطر	الطول متر	متوسط مليد	الأسم العلمي
متوسط القطر ميكر ومتر UM	أقصر	أعلسي	
£0	4,47	1,71	Tsuga canadensis
20	4,42	4.14	Larix luricina
00		4,14	Torreya californica
00	_	_	Torreya taxtfolia
£ 0	۳,۰۰	٤,٠٠	Pinus strobus
٤٠	_	Y. Y£	Chemuecyparis notkatensis
٤٠	٣, ٢٠	4.45	Chamgecyparis thyoides
40	7.47	4.41	Picea glauca
To.	4,40	4,41	Picea mariana
40	۳,۰۰	٤,٠٠	Picea rubens
To	۲,۱٦	Y. 1V	Thuja occidentalis
40	_	7,10	Juniperus virginiana
74	٧,٠٧	۲,٦٣	Jumperus procera *
Ye	7,71	4,44	Taxus brevifolia

^{*} من دراسات خاصة بجامعة الملك سعود، عطا الله أبو حسن ولطفي الأسطى ١٩٨٤م.

أما القصيبات الشعاعية (جدول رقم ۱) بالمخروطيات فهي إحدى الصفات المميزة من حيث التعريف الميكروسكوي لبعض أنواع الأخشاب، وهي عبارة عن خلايا بروزنشيمية ذات نقر مصفوفة أصغر من تلك بالقصيبات، وهي تميزها عن برانشيا الأشعة الحشبية في الصنوبريات الصلدة (dard pines) وفي هذه الأنواع يلاحظ أن القصيبات الشعاعية فيها مسننة الجدر الداخلية (dentated) ، وهذه إحدى مميزاتها التشريحية.

هذا وفي حالة الأشعة الخشبية الفيوزيفورمية (tusiform rays) فإنه يوجد بها قصيبات شعاعية وسراشيا طلاتية وخلايا برانشيا وقناة راتنجية ، ويلاحظ أن القصيبات الشعاعية توجد في الأشعة متجانسة النوع الخلوي (homocellular) وحيدة الصف الخلوي (uniseriate) وهذا يحدث أيضًا بالنسبة للبرانشيا الشعاعية ، ويوجد كل من الأشعة القصيبية والبرانشيا الشعاعية في الأشعة خناطة النوع الخلوي كل من الأشعة القصيبية والبرانشيا الشعاعية في الأشعة الفيوزيفورمية فهي عديدة الصفوف مختلطة النوع الخلوي ومنها برانشيا طلائية (epithelial cells) حول قنوات راتنجية (جدول رقم 1).

أما مكنونات الأخشباب الصلدة (hardwoods) فهي أكثر تعقيدًا وتباينًا من vasicentric tracheids. vas- وقصيبات بأنواعها vasicentric tracheids. ويرانشيها واليافيًا (tibers) والنافيًا (tibers) بأنواعها tibriform fibers. fiber tracheids ويرانشيها عجورية أو رأسية (axial parenchyma) (جدول رقم ٣).

ومن نميزات صالدات الأخشاب وجود الأوعبة (vessels) وهي تكوينات مركبة أنبوبية منوسطة الطول إلى عريضة وفي القطاع العرضي تظهر في شكل ثقوب (pores) في النسيج الخشبي حيث إن فيها فراغًا خلويًا متسمًّا، وهي عمومًا أنبوبية مفتوحة النهايات ومتصل بعضها ببعض رأسيًّا.

هذا وتتباين الأوعية في الحجم والتموزيع داخل القطاع الخشبي أما الألباف القصيبية (fiber tracheids) فهي التراكيب الليفية بصالمدات الأحشاب، أي انها بروزنشيمية أيضًا وتشابه القصيبات في المخروطيات وإن كانت أقصر بكثير (جدول رقم ٤) حيث تصل حوالي مليمتر واحد في المتوسط، وهي خلايا ذات جدر سميكة ونقر مصفوفة أما الأوعية القصيبية (vascular tr.) فتمثل الأوعية صغيرة الحجم، ولكن لها نهايات مثقبة، والألباف الليبوفورمية (ibriform f.) هي خلايا ذات جدر سميكة مستطيلة، ووظيفتها للندعيم أكثر منها للتوصيل ولها نهايات غير مثقبة مدببة

جدول ٣. مكونات النسيج الخشبي في صالدات الأخشاب

مكونات تمتد عرضيًا	مكونات طولية مع محور الساقي
١-خلايا برانشيها شعاعية	۱_ أوعية vessels
ا عَيرِ قائمة procumbent	۲_ قصیبات Trachcids
ب _ قائمة عمودية upright	vasicentric Tr
	vascular Tr
١-٢ _خلايا طلائية	۴- الياف (fibers (F
ب _خلايا إفرازية حول الفراغات الصمغية	f. trachcids _ 1
العرضية	hbriform f
	٤- برانشيها محورية طولية
	ا متراكمة stand parenchema
	ب مفيوز يفورمية . fusiform parench
	جـ ـ طلائية epuhelial
	د _ إفرازيــة exerting حول الفراغات
	الصمغية الرأسية.

بروزنشيمية، كذلك فإن الـ vasicentric tr. انصب الدياف وإن كانت أقصر وجدرها روينشيمية، كذلك فإن الـ vasicentric tr. الرابية الألياف وإن كانت أقصر وجدرها رويقة، وبها نقر مضفوفة، أما البرانشيا الرأسية (apotracheal) التي لا تتوزع تبعًا للأوعية توزيع مختلف حسب نوع الأخشاب، فهناك (apotracheal) التي لا تتوزع تبعًا للأوعية (apotracheal) حول الأوعية، أما النوع المستقل عن الأوعية (apotracheal) مقو قد يتوزع قرب نهايات الحلقات السنوية النموية فيكون Terminal) عاد في شرائط (banded)، أو تكون منتشرة (difform) كذلك فإن المرافقة للأوعية قد تكون (aliform) الموينة أو الجناحية (aliform)، أو المسية الأسمية الأنشار مثل Confluent)، أو المناشرة (scanty) والبرانشيا المحورية، أو الراسية لها أهمية كبيرة في تعريف أنواع الأخشاب ميكروسكوبيًا.

جدول £. متوسط طول الأوعية والألياف في بعض صالدات الأخشاب (بالمليمترات).

طول الأوعية	طول الأوعية	الأسم العلمي	طول الألياف	طول الأوعية	الأسم العلمي
1,77	٠,٦٤	Populus grandidenta	٠,٧٦	٠,٤١	Acer saccharinum
1,44	٠,٦٧	P. tremuloide	.,44	٠,٤١	Acer saccharum
1,44	., oA	P. trichocarpa	1,14	1,A0	Alnus rubra
1, 11	1,44	Primus seratma	1,07	1,41	Betula lenta
1,79	٠,٤٠	Quercus alba	1,70	1,	Betula papyrifera
1.14	., 11	Q. bicolor	1,17	1,57	Carpinus caroliniana
١,٢٠	.,40	Q. macrocarpa	1,48	٠,٤٧	Carya ovata
1.41	., 27	Q. rubra	1, **	٠,٥٨	Castanea dentata
1,17	+, 1A	Robinia pseudoacacia	٠,٩٧	_	Casuerina glauca
٠,٨٥	., £ Y	Salıx nıgra	14,1		Casuanna cunnighamana
1, 17	., 49	Sanafras albidum	1,14	٠,٣٦	Diospyrus virginian
1,41	. , 27	Tilia americana	1,10	٠,٥٢	Eucalyptus camaidulensis
		Tamarix aphylla ***	1, 7A	.,11	Fagus grandifoha
1,40	., **	Ulmus rubra **	1,17	44	Fraxinus americana
			1, YE	+,19	Gleditsia triacanthus
			1,71	٠,٨٨	Hex opaca
			1, 71	.,01	Juglanus nigra
			1.41	1,44	Liquidambar styrasiflua
			1,78	+,44	Liquidamber tulipifera
			1,44	+,VY	Magnolia grandiflora
			17.1	1, 11	Morus rubra
			7,4.	1,41	Nyssa sylvatica
			1,-4	177.	Platanus occidentalis

لطفي الأسطى، (من دراسات خاصة بجامعة الملك سعود)، ١٩٨٧م.

^{**} السيد عزت قنديل، (من دراسات خاصة بجامعة الملك سعود)، ١٩٨٥م.

أما المكونات الخلوية الممتدة عرضيًا في صالدات الأخشاب فهي مكونات برانشيمة أساسًا داخل الأشعة الحشبية، وهناك نوعان مميزان: تلك الممتدة قطريًا وتسمى procumbent ، والممتدة رأسيًا بطول عور الساق وتسمى procumbent ، والممتدة رأسيًا بطول عور الساق وتسمى procumbent ، أي من الأشعة متجانسة النوع الخلوي (homocellular) قد تكون مكونة كلها من أي من هذين النوعين فقط أما مختلفة النوع الخلوي منها تضم كلاً من النوعين معًا وعادة يوجد على الحدود العلوية للاشعة أو السفلية النوع الممتد رأسيًا (upright) كها في الأشعة . heterocellular

هذا وحجم الأشعة في صالدات الأخشاب عادة ما يكون أكبر من المخروطيات، وكثيرًا ما تظهر (oak) أو الأثل (tamarisk) وكثيرًا ما تظهر للعين المجردة مثل الزان (beech) أو السنديان (cas).

هذا وتتباين نسبة المكونات التشريحية في صالدات الأخشاب، كها يظهر في جدول ه.

جدول ٥. النسبة المثوية لمكونات النسيج الحشبي في صالدات الأخشاب

برانشیما محوریــــــــــــــــــــــــــــــــــــ	أشعة ٪	ألياف ٪	أوعيــة ٪	الأمسم العلمي
١,١	11,4	11,1	٧١,٤	Acer saccharinum
٠,١	17,4	33	Y1,+	Acer saccharum
Y, V.	۱۱,۷	Vø,V	1.,1	Betula papyrifera
Α, -	*	70,0	٦,٥	Carva ovata
1.,4	3, 77		٧,٧	Carya pecan
1.,0	11,4	A, F3	44,4	Castanea dentata
-	Y . , £	07,V	11,1	Fagus grandsfolsa
£,Y	11,5	31,7	Y+, £	Fraxinus americana
٧, ٠	17, *	14,8	11,7	Fraxinus nıgra

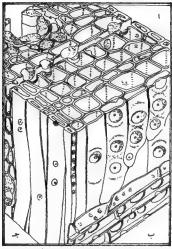
تابع جدول ٥.

برانشیما محوریة /	ائعة ٪	الياف ٪	أوعية //	الاسم العلمي
14,0	17,8	£A,V	۲۱,۰	Juglanus nıgra
٠, ٢	14,1	¥7,7	05,9	Liquidambar styxaciflua
٠.٧	18,8	£4,+	177,7	L. tulipifera
	17.7	٤٥,٠	44, 5	Nyssa sylratica
_	14.7	44.4	01,9	Platanus occidentalis
٠, ٣	14.4	0T, 1	YY, .	Populus deltoides
1	11.1	00.1	W.A	P grandsdentatu
_	17,7	٤١,٤	11,1	Prunus scrotina
Α,•	YA	£V,A	17.1	Quercus alba
٦,٤	44	P. Va	18,8	Robinia pseudsacucia
٠,١	٧,٤	08.8	44.1	Salıx nigra
Y.Y	7,1	47,1	7,00	Tilsa americana
٧,٠	11.5	aV, T	74,4	Ulmus rubra

التركيب الدقيق لمعراة البذور ومغطاتها

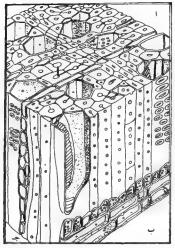
إن ترتيب وضع الخلايا الخشبية في المخروطيات يوضحه الشكل رقم 11 لمكعب من أخشاب الصنوبر الأبيض الشرقي، وهذا الشكل يبين العناصر الخشبية، ويوضح القصيبات المرتبة في صفوف قطرية تمند تقريبًا من النخاع إلى الكامبيوم، كما يظهر في القطاع الشكل معظم التراكيب البنائية التي ذكرت آنفًا للمخروطيات، ويظهر في القطاع العرضي (١) الأشعة (uniseriat) وأنواع الحقول النقرية التي توجد في هذا الخشب بالذات كما يظهر في التخطيط شكل الخلايا الطلائية المحيطة بقناة راتنجية (resin علما تظهر أيضًا قناة راتنجية في القطاع الماسي (ج) توجد داخل شعاع فيوزيفورمي.

وم تقنية الأخشماب



شكل 11. رسم تخطيطي للتركب النشريجي لحشب الصنوبر الأبيض الشرقي سيناً فيه المكونات الشريحية في القطاع المرضي (1) والقطري (ب) والمهاسي (ج) (عن بدوان وعزت تنظيل 1944م، 1990 Resolutions de Zoeuw والمهاسة).

ويظهر الشكل رقم ١٧ مكونات النسيج الخشبي في صائدات الأخشاب المسامية المتشرة، ويتضع من الشكل التخطيطي فقدان الانتظام القطري الذي يميز المخروطيات حيث تظهر الحلايا في هذا القطاع للصائدات وكأنها مرتبة عشوائيًا، وإن كانت الدراسات المستفيضة لهذه القطاعات تظهر انتظامًا كبيرًا، وقيزًا بين العائلات والأجناس الشجرية من حيث التشريح الخشبي فعثلًا بالنسبة لتوزيع الأوعبة أوضح Kribs في عام ١٩٥٩م كما ذكر كل من Kollman and Côté. 1968 أن ثبانية ترتببات يمكن



شكل ١٢. رسم تخطيطي للتركيب النشريحي لخشب مسامي متشر يوضح المكونات البنائية في القبطاع العرضي (ا) والفطري (ب) والمياسي (جه) (عن بدوان وعنزت قنديل (Pannhim and de Zeeuw 1990) .

أن توجد عليها الأوعية في الأنسجة الخشبية من بينها أوعية وحيدة أو في مجاميم أو في صفوف عاسية بالحلقات السنوية _ أو في أشكال تشبه اللهب _ أو في صفوف قطرية كذلك فإن الأشعة الخشبية ذات الأنواع المختلفة من الخلايا البرنشيمية في الصالدات لها أهمية كبيرة في التميز بين الأجناس والأخشاب، فهناك الأشعة أحادية أو وحيدة الصفوف الخلوية (uniscriate) ، وهناك عديدة الصفوف الخلوية (unuttiscriate) وهذا يبدو في القطاع (ب) من الشكل ١٧ ، وقد تكون الخلايا قائمة عمودية، أي upright ، أو procumbent أي ممتدة عرضيًا في محورها الطولي، وقد يوجد كلاهما في النسبج كها هو واضح بالشكل كما في الأشعة المختلطة (hetergeneous)، وهناك الأشعة homogeneous التي فيها نوع واحد من الخلايا الشعاعية، كذلك هناك الأشعة الفيوزيفورمية أي تلك التي تحتوي على قناة إفرازية صمغية عرضية.

هذا وتحتوي الخلايا الخشبية على نواتج ثانوية لنشاطها الخلوي ، ومن بقايا هذا النشاط خلال فترة حياتها مثل بقايا النشويات والبروتينات والزيوت والدهون والتانينات والمركبات العضوية والبلورات، وفي الصالدات من أهم هذه المحتويات التيلوزات (tyloscs) (الباب الأول) وهذه تنشأ عن طريق انتقال محتويات خلية برانشيمية حية في شماع خشبي إلى وعاء مجاور عن طريق الفتحة التقرية ، وتنمو في الوعاء حتى تسده، ولما أهمية خاصة في المعاملة بالكيهاويات الحافظة ، وتؤثر على نفاذية الأخشاب (permia الذي يستعمل فوالد استعمالية كما في حالة السنديان الأبيض (wite oak) الذي يستعمل لكثرة التبلوزات فيه ، وقلة نفاذه في الأواني الخاصة بالتعبئة ببعض السوائل .

كذلك فإن البلورات (crystals) نوع آخر من المحتويات الخلوية وقد توجد في برانشيها الخشب (بـالأشعـة أسـاسًـا)، وغالبًا ما تكون من أملاح الكالسيوم خاصة أكسالات الكالسيوم كذلك هناك أجناس معينة بها السليكات وغيرها.

كذلك فإن الصموغ (gums) توجد ضمن محتويات الخلايا الخشبية في أجناس عديدة كها يوجد إفرازات راتنجية من القنوات الراتنجية بأنواعها في المخروطيات، وقد تفرز من الخشب أو من القلف مثل الصموغ التي تفرز من القلف في أخشاب بعينها وإفراز الراتنجات (resins) من القلف عن طريق جروح به ظاهر في جنس الصنوبر وغيره. هذا والقنوات الراتنجية (resin canals) هي فراغات بين خلوية وتكوينات ما بعد كامبيومية التكشف (post cambial) وتحدث بطرق مختلفة فهناك النوع lysigenous بعد كامبيومية التكشف (schizogenous وغيرة أما الخلايا وانفصالها عن بعضها، وذوبان الجلار الخلوية أما النوع الناني فيسمى schizogenous وينشأ عن طريق إنفصال الحلايا ببنيًا بطول الجلار الخلايا النوع الكورة الحلوبة الما

الحلوية، وفي النهاية يتكون الفراغ أو القناة الراتنجية، وإذا كانت الخلايا الطلالية حول القناة غير ملجننة فإنها بعد تكشف القناة تمتد داخل فتحة القناة لتكون لها tylosoides وهي إحدى الصفات الميزة للمخروطيات.

تركيب الجدار الخلوي في الأخشاب Cell Wall Structure in Wood

تشريح الجدار الخلوي

يتركب نسيج الجدار الخلوي بنائيًا من مركبات بوليمرية (polymeric) من السليولوز واللجنين والهيمسلولوز بالإضافة إلى مواد إضافية من المستخلصات الخشبية، وهذا الهيكل البنائي لتلك المركبات الكيميائية يأخذ تركيبًا عددًا من الوجهة التشريحية.

وبناء على عديد من الدراسات فقد اقترح كل من Bailey في $S_{\rm B}$ و Kerr م تركيبًا محددًا للجدار الثانوي من ثلاث طبقات محددة هي $S_{\rm L}$ و $S_{\rm R}$ والطبقة $S_{\rm R}$ هي الطبقة الوسطى وهي الأكثر سمكًا.

كيا لاحظوا أن هناك ترتيبا محددًا لتجمعات سلاسل السليولوز أو الميكروفبرلات (microfibrils) داخل هذه الطبقات من الجدار الخلوي (شكل ۱۳) وقد وجد أن ترتيب الميكروفبرلات في المطبقة الأولى ، 5 من الجدار الخلوي يأخذ شكلاً حلوفينا مثل حرف ١٤ اللاتيني بزاوية ٥٠٠٠ مع محور الخلية وهذه الطبقة أقل سمكا، حيث يصل سمكها إلى حوالي ٢، ٠ ميكرون وهي عمومًا ٢٤، ١ ميكرون في ذوات الأخشاب الصلدة (hardwoods) وتصل إلى ۱۳، ٠ ميكرون فيها ترتيب الميكروفبلات شبه مواز لمحور لذلك جهة المداخل فهي طبقة ، 5 والتي يكون فيها ترتيب الميكروفبلات شبه مواز لمحور الخلية صانعًا زاوية من ١٠- ٣٠ مع هذا المحور ومشكلاً حلوفيًا يقارب شكل حرف كاللاتيني، وهذه أسمك طبقات الجدار الثانوي، حيث تمثل ٧٢٪ من سمك الجدار في المخروطيات وحوالي ٨٧٪ من سمك الجدار في الصالدات، ومتوسط السمك من ١٣ إلى ٥ ميكرون. أما الطبقة الثالثة فهي أقل سمكًا تصنع فيها سلاسل الميكروفبرلات

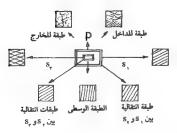
٣٦ تقنيسة الأخشساب



شكل ١٣. تخطيط لتركيب الجسدار الحلوي ووضع الميكسروف برلات في طيفياته المختلفة. (عن Cott. 1965).

حلزونًـا مثل حرف S بزاوية ٦٠-٩٠ درجة مع محور الخلية، ويتراوح سمك الطبقة ما بين ٧٠,٠٧ ليل ٢٠,٠٨ ميكرون.

هذا ومن الدراسات العديدة التالية لهذا الاقتراح ثبت العديد من الحقائق التي أكنت هذا، وأثبت أن هناك تغيراً عن هذا الفرض المبسط لترتيب الميكر وفبرلات، فقد ظهر من عديد من دراسات (1958-1964) Wardrop, (1958-1964) أن هذه الطبقات مكونة بالتالي من اعساداً أو طبقات رقيقة عديدة فمثلاً $S_{\rm c}$ يكون فيه الحلزون $S_{\rm c}$ وكذلك $S_{\rm c}$ عدد من $S_{\rm c}$ اعساداً ، وكذلك $S_{\rm c}$ عدد من $S_{\rm c}$ اعساداً ، وكذلك $S_{\rm c}$ عدد من $S_{\rm c}$ المساداً ، وكذلك $S_{\rm c}$



شكل ١٤ ـ ١. ترتيب الميكر وفبرلات في الجدار الخلوي

كذلك فقد ثبت فيها بعد أن هناك ترتيبًا مروحيًا (fan shape) لطبقات الجدار وطبقاته بحيث إن ترتيب الميكروفرلات يتدرج في الحلزون من طبيقة lamellae إلى التالية لما وهكذا، وظهر أن طبقات الجدار الثلاثة التقليدية تضم العديد من الطبيقات الدقيقة كها يبدو في شكل ١٤ ـ ب، وهذا مبني على دراسات Dunning في عام 197٨.



شكل ١٤ . ب. دراسات Dunning عن قصيبات الصنوير وتطبيقاتها (عن 1968)

هذا ويتراوح صمك الجدار الابتدائي (۱) ما بين ٠,٠٣ ميكرون إلى ميكرون واحد ولا يظهر إلا ترتبًا شبكيًا للميكروفبرلات داخل هذه الطبقة من الجدار الخلوي، ومن المؤكد أن هذا النموذج للترتيب يتفاوت داخل النوع الشجري نفسه حسب نوع الوعاء الخشيي، ولهذا فهذا النموذج هو ما اقترح للقصيبات المعتادة في الصنوبر مع الأخذ في الاعتبار أن هناك تباينات عديدة قد توجد في الطليعة.

هذا وقد أظهرت دراسات الميكروسكوب الإليكتروني للتركيب فوق الدقيق التي ألمي أجراها (1963 Wardrop and Harda و1963 أن النموذج المبسط قد لا يكون هو أفضل شرح لتركيب طبقات الجدار الخلوي، وأدى هذا إلى فروض جديدة (شكل ١٤ - ١) كها أدت دراسات (1968) Dunning على الميكروسكوب الإليكتروني إلى تأكيد التركيب الذي يكون في الانتقال بين الطبقات تدريجيًا في زوايا الميكروفبرلات، وتتحول بهذا الزوايا في أشكال مروحية من طبقة إلى أخرى.

هذا وقد أثبتت دراسات أخرى على الميكروسكوب الإليكتروني أن هذا الترتيب لسلاسل الميكروفبرلات ثابت على درجات الحرارة العادية، ولكنه يختفي تمامًا خلال المراحل الأخيرة في تفحم الخشب. McGinnes. Kandeel and Szopa, 1971 وقد أكد ذلك الباحثون أنفسهم بدراسات بالأشعة السينية للجرافيت والفحم النبائي والأخشاب، وهذا برغم أن التركيب البنائي للخشب يظل محتفظًا بمظهره ميكروسكوبيًا.

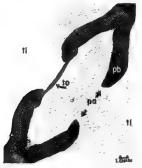
الأشكال المنحوتة بالجدار الخلوى Cell Wall Sculpturing

النقر في المخروطيات

يوجد بالخلايا الخشبية ما يسمى بالنقر، وهي فتحات توصيل جانبية بين الخلايا، ويختلف تركيب النقرة (pit) بين المخروطيات وذات الأخشاب الصلدة، فبينها



شكل ١٥. صورة من ميكروسكوب إليكتروني تبين وضع السرة على سطح غشاء نقرة مضغوفة في المخروطيات (عن Cone, 1965).



شكل ١٦. صورة ميكروسكوب إليكتروني توضع إخلاق السرة لفتحة التقرة المضفوفة خلال التجفيف بالمخروطيات (عن 2005.)

٤٠

يوجد في المخروطيات ما يسمى بالسرة نجد هذه التراكيب غير موجودة في مغطاة البذور.

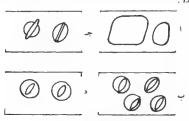
هذا وقبل تكوين الجدار الثانوي في القصيبات نجد أن غشاء النقرة الموجودة بالجدار الخلوي مكون أساسًا من الجدار الابتدائي، وقبل بدء تكوين ، 8 فإن ضفة (border) النقرة تبدأ في الظهور والتكوين خلال تكشف الجدار الثانوي، وبهذا يبدأ الترسيب على الجدار الابتدائي ليتكون بهذا ما تسمى بالسرة (torus) التي تتركب من ميكروفبرلات مرتبة دائريًا ثم يبدأ ظهور تكوينات في الغشاء النقري تؤدي لظهور خيوط مدعمة للمرة مكونة من سلاسل ميكروفبرلات، وهذه الحيوط المدعمة للمرة تعرف بالسم marg ، وتوجد بينها فتحات تتباين في الأتساع وتسهل عملية الاتصال ومرور السوائل، وتبادل الغزات بين الخلايا، وعند انغلاق النقرة المضفوفة (aspiration) الناتج عن التباين في الضغوط خلال فقدان الماء والتجفيف فإن السرة تلتصق بالضفة من أحد جانبيها وتسدها تماماً وبهذا يغلق عمر السوائل الموجود بين الخلايا الخشبية جانبيا (الشكلان 10 و 17)، هذا وقد ثبت من دراسة أخشاب معراة البذور أن تركيب السرة واضح فقط في عائلة الصنوبريات. (pinaceae) أما في معظم الأخشاب المخروطية واضح فقط في عائلة الصنوبريات. (pinaceae) أما في معظم الأخشاب المخروطية (dome) المحيطة بالنقرة فهي تتكون من النهاية من الميكروبرلات، أما القبة النقرية الحلوي . . \$ ، \$ ، \$ ، من طبقات الجدار

النقر في ذات الأخشاب الصلدة

مع قلة الدراسات عن النقر في مغطاة البذور إلا أن هناك حقائق ثابتة تتعلق بركيب النقرة، حيث تتشابه نقر مغطاة البذور (ذات الأخشاب الصلدة) مع نقر معراة البذور بصفة عامة، إلا أن النقر في مغطاة البذور لا يوجد بها تركيب السرة، كذلك لا يوجد بها تغليظ ثانوي على غشاء النقرة، فهو بهذا يتكون من الجدار الابتدائي فقط، ولا يوجد في غشاء النقرة الفي تتحات فيا عدا الفتحات فوق الدقيقة التي توجد في مواقع البلازموديزماتا التي يتبقى مكانها كفتحات تسهل تبادل الغازات، ومرور السوائل في الغشاء النقري بمغطاة البذور.

النقسر البسيطة ونصف المضفوفة

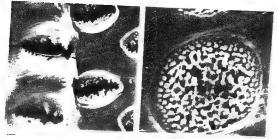
تظهر هذه التراكيب على جدر الخلايا البرانشيمية بالأشعة أو البرانشيا المحورية (axial) وفي الألياف المعروفة باسم libriform في ذات الأخشاب الصلدة، وهذه تظهر على جدرها النقر البسيطة التي يغيب فيها تركيب الضفة (border) أما النقر نصف المضفوفة (semi-bordered) أما النقر نصف المضفوفة أو بين وعاء وبرانشيا وفي المخروطيات فلذه النقر نصف المضفوفة تراكيب خاصة (شكل ١٧) فهي تأخذ أربعة أشكال، إما حقول لنقر نافذية صنوبرية أو بينويد (... windolike) في الصنوبريات الناعمة (soft pines) وإما نقر صنوبرية أو بينويد (pinoid) كيا في أجناس Picea, Psoudotsuga, Larix وهو النقر المضغوطة (cupressoid) وهي الموجودة في أجناس , Libocedrus



شكل ١٧. حقول النقر البسيطة في المخروطيات ا _نافذية، ب_صنوبرية، ج_يسيا، د_مضغوطة.

النقسر الهدبيسة Vestured Pits

هذا النوع من النفر كان يعرف قبلاً باسم cribriform وقد سياها بذلك Bailey في عام ١٩٣٣م وهي عبارة عن نقر تظهر فيها أهداب هي عبارة عن نموات من الجدار الحلوي تمتد إلى غوفة النقرة ومن خلال فنحة النقرة إلى الفراغ الخلوي (cell lumen) المبلط للجدار (شكل ١٨٥)، وهذه النموات تبدو مثل تكوينات الجدار المتثالل (warty) المبطن للجدار



شكل ۱۸. صورة ميكر وسكوب إليكتروني ماسيع (SEM) تظهر الفتر الهدبية (عن (Weylan & Butterfleld 1989) ا ـ في Carmichaelia عن ـ في .و Carmichaelia وتكبير ۱۹۳۹).

الثانوي بطبقاته المتعددة، وهذه النموات أكدتها الأن عديد من دراسات الميكروسكوب الأليكتروني، مثل دراسات (1962) ، هذا وقد أكدت دراسات تكوين هذه الأهداب (vestures) على أن منشأها مختلف عن منشأ الجدار المتثألل فيبنها تتكون الد vestures من البروتوبلازم الحي فإن الجدار المتثألل (warty) عبارة عن متبقيات البروتوبلاست الميت، وعمومًا فمعظم الأجناس التي وجدت لها نقر هدبية وجد أن بها جدرًا ثالولية. وهدفه النقر عادة ما تظهر في الأوعية الحشبية لبعض عائلات ذوات الفلقتين من مغطاة البذور.

التغليظات الحلزونية Spiral Thickenings or Hical Thickenings

هذه عبارة عن نتؤات من تجمعات ميكروفبرلات مرتبة مثل الملف أو الحلزون داخل الفراغ الخلوي المبطن لآخر طبقات الجدار الحلوي الداخلية في بعض قصيبات المخروطيات، أو مكونات الأخشاب الصلذة، وتبدو واضحة في قمم القصيبات ومن دراسات التركيب فوق الدقيق يتضح أن تركيبها يشابه التركيب المتعاكس (criss-cross) لطبيقات الجدار به (Kollman & Coté, 1968) S) وقد وجد أنها في الأوعية نكون جزءا من الجدار به (Tilia) ويرغم أن اتجاه الجدار به (Wergin & Casperson, 1961) وهذا في جنس التليا (Tilia) ويرغم أن اتجاه المجدارة في هذه التغليظات الجلقة أو الحلزونية تختلف عن آخر طبقات الجدار المجاورة له إلا أنها تندمج فعلاً في آخر هذه الطبقات كها يبدو في أخشاب و -Psendor (Kollman & Coté, 1968) (suga menziesii).

التراكيب الثألولية Warty Sturctures

هذه الطبقة المبطنة للجدار الخلوي وتتميز بأنها اكتشفت وتأكدت بدراسات الميكروسكوب الأليكتروني الأولى على الأخشباب & Harda, 1956, Kobayashi.). Utsumi 1951 and Liese. 1965)

هذا وقــد أرجمهــا (1964) Wardrop إلى الـــــرَاكيب السيتــوبــلازمية بالخلية (cytoplasmic organelles) .

وهذه التراكيب السيتوبلازمية تصبح محصورة بين البلازمليا (plasmalemma) وطبقة التونوبلاست (tonoplast) ومع تقدم عملية تفريغ الخلية من محتوياتها وتحولها إلى خلايا خشبية ميتة فإنها تبطن الجدار الخلوي ، S ، ولأن الجدار به بعض نتؤات من قبل فإن هذا الجدار المتثألل (warts) يأخذ شكلها، وتصبح هذه التراكيب داخلها وإن كان هذا الموضوع لم يتم التوصل فيه إلى نظرية محدة.

هذا وتظهر هذه التراكيب في كل من مغطاة البذور ومعراتها.

تغليظات تسنين الأشمة القصيبية Dentate Ray Tracheid Thickening

الأشعة القصيبية خلايا بروزنشيمية (prosenchymatus) في الأشعة بالمخروطيات، وتتميز بنقر مضغوفة صغيرة، هذا وفي بعض الصنوبريات يوجد نوع من التسنين داخل جدر خلاياها كما يبدو في أخشاب السويد (Pinus silvestris) وقد درسها Meier في عام ١٩٦٤م وأثبت أنها تشابه التغليظات الحلزونية بالجدار الحلوي في تراكيبها.

المراجسج

أولاً: المراجم العربيمة

أبو حسن ، عطا ألله والأسطى ، لطفي ١٩٨٤م . بحث رقم ١- ت ٢-١- عن تقويم الخصائص التكنولوجية لأشجار الغابات في جنوب غرب المملكة العربية السعودية وإمكانية استغلالها . المركز الوطني للعلوم والتكنولوجيا . المملكة العربية السعودية .

النجار، لطيف وتوفيق، سمير ١٩٨١م. تكنولوجيا الخشب الطبعة الأولى، وزارة التعليم العالى والبحث العلمي، العراق.

بدران، عثمان وعزت قنديل، السيد ١٩٧٩م. أساسيات علوم الأشجار، وتكنولوجيا الأخشاب، الطبعة الثالثة، دار المطبوعات الجديدة، جمهورية مصر العربية.

ثانيًا: المراجم الأجنبية

- Bailey, I. W. and Kerr. T. 1935. The Visible Structure of the Secondary Wall and its Significance in Physical Investigations of Tracheary Cells and Fibers. J. Arnold Arboreum. 16:273-300.
- Chattaway, M. 1964. The Development of Tyloses and Secretion of Gum in Heartwood Formation. Australian J. of Sci. Res. Ser; Biol. Sc. 2:227-240
- Côté, W.A. Jr. and Day, A. 1962, Vestured Pits. Fine Structure and Apparent Relationship with Warts Tappi. Technic., Assoc.. of Pulp and Paper 45:906-910.
- Côté, W.A. Jr. 1965. Cellular Ultrastructure of Woody Plants. Syracuse U. Press. Syracuse. N.Y.
- Dunning, C.E. 1968. Cell Wall Morphology of Long Leaf Pine Latewood. Wood Science. 1(2): 65-76.

- Harda, H. 1965. The Electron Microscopic Investigation of Wood. On the Fine Structure of the Wart Like Structure of the Pit. Transactions 65: Mtg. Japan. Forest. Soc.
- Kohayashi, K. and Utsumi, N. 1951. Cell Wall Structure of coniferous Tracheid (In Japanese). Elect. M. Com. Note, 56: 93-94.
- Kollmann, F. and Côté, W.A. 1968. Principles of Wood Science and Technology. Soringer Verlag. New York.
- Liese, W. 1965. The Warty Layer. In: W.A. Côté. Jr. (Ed.) Cellular Ultrastructure of Woody Plants. Syracuse. New York.
- McGinnes, A. Jr., Kandeel, S.A. and Szopa P. and 1969. The Frequency and Selected Anatomical Features of Included Sapwood in Eastern Red Cedar. Wood Sc., Vol. 2(2).
- McGinnes, A. Jr., Kandeel, S.A., and Szopa, P. 1971. Some Structural Changes Observed in the Transformation of Wood into Charcoal. Wood and Fiber, 3 (2).
- Meier, H. 1964. General Chemistry of Cell Walls and Distribution of the Chemical Constituents Across the Walls. In: M. Zimmerman (Ed.) The Formation of Wood in Forest Trees. Academic Press. New York.
- Meylan, B. and Butterfield., B. 1971. Three Dimensional Structure of Wood. Chap. and Hill. London.
- Panshin, A.J. and DeZeeuw, C. 1980. Textbook of Wood Technology. Vol I. 4th ed. McGraw Hill. New York.
- Wardrop, A.B. 1958. Organization of the Primary Wall in Differentiating Conifer Tractheids. Australian J. of Botany, 6:299-305.
- Wardrop, A.B. 1964. The Structure and Formation of the Cell Wall in Xylem. In: M. Zimmerman. (Ed.) The Formation of Wood in Forest Trees. Academic Press. New York.
- Wrgin, W. and Casperson., G. 1961. Uber Entstchung and Aufbau von Reaktionsholtzellen. 2. Mitt. Morphology., der Druckholtzellen von Taxus baccata. L. Holzforschung. 15: 44-49.

القصيل الثاليث

التركيب الكيمياني للأغشاب

Chimical Composition of Wood

السطييعة الكيميائية للنسيج الخشي
 السليولوز والهمسليولوز بالأخضاب
 اللجنين بالنسيج الخشي
 المنخلصات الخشية
 الخشية
 الكونات فير العضوية
 المركزات الكيميائية بالنسيج الخشي
 المراحية

الطبيعة الكيميائية للنسيج الخشبي Chemical Nature of Wood Tissue

تتحدد طبيعة النسيج الخشبي الكيميائية بمكونات هذا النسيج الذي يتركب من عدد من البوليمرات (polymers) هي السليولوز والهيمسليولوز (بوليورس) واللجنين، وعلى هذا البناء يترسب خليط من مواد مختلفة الوزن الجزئي هي المستخلصات (extractives) ، ومن الناحية النشوئية فإن الجدار الابتدائي للخلية الحشبية مع الصفيحة الوسطى (اللتان تغلفان الخلية) تتكون عليهها الطبقات التالية من الجدار الثانوي الخشبي، وخلال هذه العملية تترسب سلاسل الميكروفيرلات السليولوزية على الجدار الابتدائي مكونة طبقات الجدار الثانوي، ومع هذه الخطوة يكون بدء ترسب اللجنين في أركان الخلايا قبل تمام استطالتها الذي يترسب في الصفيحة الوسطى والجدار الثانوي، وبامتداد عملية الجننة إلى الجدار الثانوي وموت الخلية تترسب اللجدار الثانوي مودت الخلية تترسب اللقايا السيتوبلازمية للخلية على الجزء الداخلي المبطن للجدار الثانوي مكونة الجدار الثانوي مكونة

ونلاحظ أن السلبولوز يقوم بدور الهبكل البنائي للنسيج الخشبي أما اللجنين فيقوم بدور المادة اللاصقة المدعمة في حين أن المادة المائة يقوم بها الهيمسلبولوز (أو عديدات التسكر الأخرى أو البوليوزس الأخرى) هذا وتختلف الأجناس الشجرية في عتواها من السلبولوز واللجنين والهيمسلبولوز والمستخلصات الخشبية.

وللمقارنة فإنه عادة ما يتم وضع أساس المقارنات على تحليل أخشاب خالية من المستخلصات extractive free ، ويبين جلول رقم ٢ المكونات الكيميائية لبعض الأخشاب المختلفة من المخروطيات والمأخوذة عن (1984) Fengel and Wegner كها يظهر الجلدول رقم ٧ تباين التركيب الكيميائي في ذوات الأخشاب الصلدة كذلك توجد تباينات في نسب المكونات الكيميائية بين الأشجار وداخل الأشجار نفسها من أعلى وأسفل الساق ومن النخاع إلى القلف وبين خشب الربيع والصيف في الحلقة السنوية نفسها.

هذا ومع اتباع طرق المعاينة الإحصائية يمكن التوصل إلى تعميات بالنسبة للتباين في هذه المكونات فنلاحظ أن ذات الأخشاب الصلدة النامية في المناطق المعتدلة عمري على لجنين أقل وزيلان «ylan» و أكثر عن الأخشاب الصلدة النامية في المناطق المدارية التي تكون بها نسب أعلى من اللجنين بالصالدات وبالمخروطيات أيضًا، ونلاحظ أن نسبة اللجنين بالصالدات وبالمخروطيات أيضًا، ونلاحظ أن نسبة اللجنين على أعلى في المحتوى الميثوكسيلي للأخشاب حيث أعلى في ذات الأخشاب الصلدة أما عديدات التسكر من الميمسليولوز فهي من نوع الزيلان الحمضي (glucomannan) في ذات الأخشاب الصلدة مع قليل من الجلوكوماننات galactog.

هذا ويحدد نسب هذه المكونات (جدولا ٦، ٧) السلوك الكيميائي للاخشاب وبالتالي تحدد طبيعة التفاعلات الكيميائية لها وإمكانية تصنيعها في الصناعات المختلفة.

جدول ٦. التركيب الكيميائي لبعض أخشاب المغروطيات.

,		:	-	,	, >	!	***	***	,	,,	-	· >	∹ رخ
>		14,7		-; -	şen Y	۹, ۸	م. م		. 0		4, 1		المام بالمام
17,1		٨,٧		₩,٧		74 . 4	14,4	4,4	4,4		£, ¥	٧,٧	ا المي المي المي المي المي المي المي الم
74, 6		3 ' 1. A	1. VA	44, 4	44.4	4.,48	41,7	74,0	٧,٧	79, E	44,4	4,4	× 2
		> ,4	0,7	1.,-	4, Y	I		e, 0	17.0	٥, ٢	٧,٠	11,0	يتوزان ٪
						19,17	14.4				10,8		يوليوزس ب
14.43		61.0	17.4	1.73	1.73	3,13	£7, Y	46,4	1,13	٨, ٤٤	1,13	4,4	α سيليولوز ٪
			۸,۸		1	70,17	7V, V		٧٠,٤	٧,,٨	٧.,٠		ھولوسيليولوز /
Libocedrus decurrens Tost.	Sabine ex Trauty.	Lanx russicu (Endl.)	Larıx laruma K. Koch.		Ginkgo biloha !	• Juniperus proceru	Cupressus dupreziana	Araucaria angusifolia Ktze.	Abies sachalmensts Mast		Abies balsamea (L.) Mill.	Abies alba Mill.	الاسم الملمي

(اعن: 1987 : Kandeel et al , 1987) •

تابع جنول ٦٠.

,,4	٠, ٧	٠, ٢	:-	, 4	-	, 4	, , 4	٠, ١	, 4			1,-		ئى ٪
٧,٧			۲, ٤				٧,٥	7, 1			4 -			٠٠ <u>ا</u> الله الله الله الله الله الله الله ال
1.,4	1,0		, 0		*1, ^		7,7	,,		1,6	۳,-			ا المالية الم
74,7	۸, ۲۹	44.4	٨, ٩٧	7A,7	44.0	70,7	44,4	74,1	1, 44	٧,,٧	44,4	41,0		ن نم
0,0	4,4	11,-	16, 4	۸,٥	14,4	11,-	٧,٦	14,0	۸, ۸		>, 4	۸,۷		يتتوزان ٪
	17,7				YV, £		10, 4			7.	10,7			يوليوزس بر
11,1	\$0,0	14,0	\$1,1	41,7	79,7	D . , Ye	01,1	27,9	11, 1	PA.	- 1 3 -	۴۸,۳		■ میلیولوز ٪
			٧, ١	44.4			٧١,٧	V0, 4	Y0, Y	۰, ۲۸	۸٠,٩			مولوسیلیولوز ٪
Pinus strobus L.	Pinus radiata D. Don	Panus nigra Armold var gotschunde		Pinus banksuana Lamb.	Picea schrenkiana Fisch, et Mey.	Picea omorika (Pancie)	Picea mariana (Mill.) B.S.P.	Picea jezoensis (S. &Z.) Carr.	Picea glauca (Moench) Voss.		Picea abies Karst.	Huet Cherr.	Metasequoia glyptostrobaides	الأممم الملحي

• م حناس الشهلي.

60°	14	•	٧,٠	٠, ٢		.,0	7.	رماد	
7,7			۸,۷	0,1		۲, ۱	× Ē		
٧,١	۸,۹		17,0			4,4	البنزيني /	يلاسيني	ا جادي
71,4	٧,٠٧	44.0	4.4 -	44,4	77,7	7,77	%	Ş	
14,7		۸,١		۸,۴	۸, ۲	14.4	×	يتتوزان	
		18,4	17,4		14,0		7.	بوليوزس	
4, 6		£∀,ø	1,13	3,00	04,4	1,13	7.	سيليولوز	Ω
V, YV			٧,,٨	٠, ٧٧	V£, 1	7.,7	%	هولوسيليولوز	
Thujopsis dolubratus $(L.f.)$ S. & Z		Thuja plicata D. Don	Sequoia sempre vivero Endl.	Pseudoreuga menziesu Mirb.	Pinus sylvesu is L.		الاسم العلمي		

نابع جدول ٦.

جدول ٧ ـ أ. التركيب الكيميائي لبعض الأنواع ذات الأخشاب الصلدة

	7,4			Y, 0				٧, ٣				3,3		۴,٦	ر دان ایانی
۲,-	4,-	3,3	7,1			4,>		7,7				٧,٠	٧,٥	1,4	
Y . , 4	41,4	14,4	74.4	14, 8	44	14.4		4.44	74.1	44,4	7£ ;-	۸, ۲۲	Y0, Y	٧٠,٧	~ }
-, VY	4.,1	44.4	Y0, T	Yo, 1		¥4.	14,1	14,1		10,1	14,4	14,1	Y - , Y	¥£,-	بنتوزان ٪
															بوليوزس بر
£4,	٨, ٢3	11,6	10,7	٤٨,٥	44,4	£4, £	€V,0	٠,٧	۲,۰3		16,3	, D	74,7	£Y, £	سابولوز برابولوز برابولوز
	٧٩,٤	٧, ٥٨									×4,	٧١,٠		۸۱,۷	ھولو ۔ يا يولوذ ٪
		Carpinus benulus L.		Betula veri in om Ehrh.		Betula pupy, ifer a Marsh.	Almus ghringsa Gaeftn	Aesculus hipp		Acer saccharum Marsh.		Acerrubrum L.	Acers derive L.	Acerjaponia Thunb.	الأسم العلمي

	,	•	., 4	;	.,			. 4	;	٠,٧	, ,	,,	,, V			7,	ماد	
		۲,>		.,1		·				7,7		٥,٠		۲,۵	%	ن <u>آ</u>	ر ا	-
		۲,۸			2,2	1,8		,,		7,7	٧,١	٧,٧	,,,	-4 *-	%	النزيج	K Lind	
₹. 11.	14,1	77.1	74,1	79,1	7.07	٨, ٧٧	44,4	٧٣,٨	44.0	7.,7	41,4	Y0,9	¥4. £	۲۰,-		7.	<u>ن</u> پ	
14,4	14,4	F.o.Y	71,4	14,7		19,1	7.,7	AA		٧٠,٧	17,4	44,4	١٨,٨	14,4		7,	بتوزان	
	41,4				1.4	44.4	Y 7							Y.,.		7	يوليوزس	
9 (V			٧,٠٠	٨٠٠		44.4	££,0	1,13	79.0	¥£, Y	£4,4	£ . , Y	7,70			7.	"" سيليولوز	d
	۸۰,۲					74,0	٨, ٥٨	۸, ۹		۸۱ ,-		٧, ٧		٧, ٩٧		7.	مولوسيليولوز	
	Populus à " " Michx.	Populus aiba L.	Platanus acer ifolia Willd.	Jugians regia L.	Frazinus excelsior L.	Fagus sp.		Fagus sylvatica L.	Fagus s. 17 slie Ehrh.	Fagus crenata Bl.	C sattva Mill.	C crents B1.	Carya N Nutt.	Carpinus sp.		الاسم العلمي		

تابع جنول ٧ ـ أ .

>	,			•,4		, £ Y	7	·4		*, *	, 0			.,4 11	_		⊹ .	
	, ,			4,4	4	7		5	**				٧, ٧	7, 7	£,¥		Ė	
	1,1			7,7	۲,-	7, Y		٧,٨	7, 7	3 , 3	Y, £			*, *	4.4	~ .		: ` <u>:</u>
Y£, 0	44,4	41,V	¥4, £	1.,1	Y0, £	Y Y	4,445	4.4	10,1	76,0	76,4	44,4	٧١,٨	1, 44	44	:	د ز	
71,6	٨, ١٧		14,1	1,44	٠,٧٧	17,4	77,7	74,4	14.9			14,0	YE, 1	44,4	10,4	:	يتوران ′	
					76,0				4.8	1, VA	1.44	44.4			41,4	7	يوليوزس /	-
£A, V	£4",-	£ A, ø	£ Y ,-	£4,0		{ A, Y	1,43	•.,		1,44	74,4	4.,0		1,13		;	سیلی ولوز ′	
					-	۸۹, ۲		۸۱,۷	٧٦,-	٧,-	٧,٧	٧, ٧	£9, Y		٧٨,٤	:	ھولوس يلي ولوز ′	
Ulmus laevis Pall.	Ulmus carpinifulia Gle		Ulmus angei . L.	Sorbus aucuparia L	Salix sp.	Heart-wood	Salıx alba L.	Robina preudoacacia L.		Heart-wood	Sap-wood	Quercus sp.	Quercus rubra L.	Quercus robur L.	Populus sp.	e de la constante de la consta	1-11-12	

تابع جدول ٧ _ أ.

جدول ٧ ـ ب. التركيب الكيمياتي لبعض الأنواع الاستوائية ذات الأخشاب الصلدة

		اا مخاص م مخلص	ا منامي				Ω	J Z	
کا	Ė	الاستهل	ښې	يتوزان	يوليوزس	سيليولوز	هولوسيليولوز سيليولوز يوليوزس يتتوزان		
	7		النزيج	7.	%	7,	7,	7.	الأسم العلمي
-	7,7	4,	٧, ٧	17,		24.4		African maho,	Khayanihotheca C. DC.
								gany, Khaya	
· •	٧,٧	e A	77,7	17,7		44.7		Afromosia	A for mosia etata Harms
7.0	٠,٢	4,	-, Λ γ	14,1		7°0, A		Afzelia	Afzelia africana Smith
-	٧, ٨	Y, 7	¥£,0	14,-		-, Ye		Balsa	Ochroma lagopus Sw.
1	,	pa.	46,4	10,0		To, 1		Bombay black- wood	Dalbergia latifolia Roxb.
7, 6	7	14.4	14.4 44.1	10,1		76,7		Iroko	Chlore pl.: 31 a excelsa Benth. et Hook. f.
-,4	4,7	Y, 7	44,4	10, 1	Yo, 1	1,33	٧,١	Kefe awari	Pterogota mandocarpa
7.	7, 10	7,6	74,7	11 26		¥ , 3 3		Limba, afara	Ter ' ' superba Engl. et Diels
>	-	1.A 1.4 A.Y YT.T 14,4	77,7	10,0		٧,٧		Mansonia, bete	M ania altier my A. Chev.

(
ì
<
L
F
5.

۲,>	·, 4 4:- 1		4, 4	3,1° 7,7 V,0	٧, ٧	1,1		1,0	.,4	1,4 6,7 17,7	4,4	'. الما ن	مينيني الماء راباد
	1,V Y1,0			1.84 3						7,17		<u>ا</u> اِنزیج اِنزیخ	
11,4	17,4		٧,٧	16,4	11,0	14,-		14,-	10,-	17, 4	10,0	%	يتوران
										1.1			بوليوزس
£4,4	44.4		٧,٧	3,00	*	r4, 1		79, 7	£V,4	٧,٧	2 2 3	7.	سيليولون
										٧٧, ٧		7.	وتوسيلولون
	Wenge, awong	heartwood	(India)	(India) sapwood	(Thailand)	Tenk (Congo)	ekki	Reditourood,	Okoume		Obeche	%	التجاري
	Milleria laurenti De Wild.					Tectona grandis L.	ex Gaerto. f.	Lophira alata Banks	A. Y' Fierre	K. Schum.	Triple. hi isceroxylon	الاسم العلمي	

• - خاصى ايشلي.

السليولوز والهيمسليولوز (بوليوزس) بالأخشاب Cellulose and Hemicellulose (Polyoses) in Wood

السليلوز Cellulose

يعتبر السليولوز من أكثر المواد العضوية تواجدًا فوق الأرض داخل المملكة النباتية وأينا وجد فإنه يأخذ شكل الميكروفيرلات وهي حزم طويلة من سلاسل جزيئات السليولوز مرتبة بصورة متوازية وإن كان ترتيب هذه السلاسل داخل الوحدات البنائية للسليولوز مازال موضع عديد من التساؤلات والدراسات، وقد وضعت حوله نظريات عديدة.

هذا وتعد ألياف القطن أفضل المواد السليولوزية نقاءً إلا أن السليولوز يوجد أيضًا مختلطًا باللجنين وغيره في عديد من النباتات، ومع تباين هذه الصورة لوجوده فإن له دائهًا الخواص الكيميائية نفسها وإن كان التركيب المورفولوجي لجزيئات السليولوز قد يتغير داخل الميكروفبرلات المتكونة منه.

عزل السليولوز من الأخشساب

من أصعب المشكلات، إمكانية عزل السليولوز بصورة نقية غير متغيرة من النسيج الخشبي بدون إحداث أي نقص في درجة البلمرة وذلك لأن الأخشاب ملجننة بدرجة كبيرة.

وهناك عمومًا ثلاث طرق لمرّل السليولوز وتقديره هي إما طرق لفصل البوليوز مباشرة البوليوزس (polyoses) وبقايا اللجنين من الهولوسليولوز وإما فصل السليولوز مباشرة من الحشب من الحشب وإسا تقدير السليولوز عن طريق تحلل مائي (hydrolysis) للخشب والهولوسليولوز ثم تقدير السكريات الناتجة عن التحلل المائي فيها بعد (Côté, 1965).

ويصورة عامة لا يمكن عزل السليولوز بصورة نقية وإن كان هناك الفاسليولوز و cross & bevan وهو غير الذائب في هيدروكسيد الصوديوم القلوى أما الجزء الذائب في الوسط القلوي _ ولكن يترسب من المحلول المتعادل _ فيسمى بيتا سليولوز (pamma-cellulose) فهو اسم الجزء الذي يتبقى (pamma-cellulose) فهو اسم الجزء الذي يتبقى ذائبًا حتى في المحاليل المتعادلة بعد ذلك هذا وقد اقترح (1911) Jensten (1911) اختبار خوبان (اللب (pulp) في ٥ , ١٧٪ من هيدروكسيد الصوديوم وقد عدلت هذه الطريقة وأصبحت حاليًا من العلية 7-70. Tappi-T-203. 05-74

هذا والطريقة الأكثر شيوعًا لتقدير السليولوز في المعمل شرحت بواسطة ٥٪ et al. (1946) ، وفيها يستخلص الهولوسليولوز في جو نتروجيني في خطوتين بواسطة ٥٪ و٢٤٪ من هيدروكسيد البوتاسيوم ويتنج عن الطريقة سليولوز بجتوي بقايا سكريات (Browning, 1967) .

وصع تكرار المعاملة بمحاليل قلوية مختلفة يمكن تقليل الشوائب من بقايا السكريات واللجنين وإن كان هذا يقلل درجة البلمرة للسليولوز المعزول الذي يعتمد في صورته (الفاسليولوزية) على الجنس الشجري وطريقة العزل نفسها، وقد لاحظ Fengel (1984)، أنه حتى بعد استخلاص الهولوسليولوز من خشب Spruce بواسطة عاليل ه/ وه / 10 // من أيدروكسيد الصوديوم فقد احتوى السليولوز المعزول على بقايا قدرها 10 // من سكر mannan وه , 1 // من جهايا اللجنين .

هذا ومن المعروف أن السليولوز المسمى cross & bevan يتم عزله بمعاملة متبادلة من الكلورة والاستخلاص بسلفيت الصوديوم الساخن وهذه الطريقة تزيل بعضًا من الهيمسليولوز أو البوليوزس (polyoses) مع اللجنين Meginnis and Shafizada, 1960 .

والحرق الأخرى تترك كلاً من السليولوز والبوليوزس (هيمسليولوز) أي تترك الهولوسليولوز ممّا مثل تبادل الكلورة والاستخلاص بمحلول كحولي ساخن من monoethanolamine ومعظم هذه الطرق تعزل السليولوز ولكن بصورة متغيرة نوعًا في درجة البلمرة والتحلل. كما يمكن عزل كلوريت الهولوسليولوز باستخدام محلول حمض من كلوريت الصوديوم عند ٧٠-٩٥م (McGinnis and Shafizadah, 1980). وعمومًا فلعزل السليولوز من الخشب مباشرة بصورة متكاملة غير متحللة فإنه يفضل معالجة الخشب عن طريق النيرة كيا في طريقة Kurschner & Hoffer يخليط حامضي نتريك مركز ٢٠٪ في كحول إينيلي وهكذا يزال اللجنين وثاثي البنتوزان الموجود ويمكن عزل السليولوز في شكل مشتق نترات السليولوز ويتحصل عليه في صورة صالحة للدراسات والتقديرات الجزيئية (Timell, 1965) وقد تمكن -der (1961) من عزل الألفاسليولوز بعائد مرتفع بمعاملة الخشب بمحاليل من الكلورين وشاني أكسيد النتروجين في (DMSO) dimethyl sulfoxide) أو بثاني أكسيد الكريت في (Fengel and Wegener 1984) DMSO).

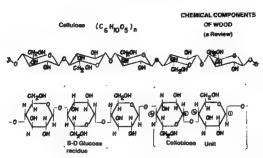
كذلك فهناك طرق غبر تقليدية تعتمد على تقدير السليولوز من منحنيات التوزيع، كذلك يمكن التوزيع، كذلك يمكن التوزيع، كذلك يمكن تأكيد تحديد السليولوز من منحنيات الجلورة بدراسة تأكيد تحديد السليولوز عن طريق التأكد من الوزن الجزيئي ودرجة البلمرة بدراسة الضغط الأسموزي، أو منحنيات سرعة الترسيب، أو انتشار الضوء، وهناك طرق معملية عديدة لذلك (Fengel and Wegner, 1984).

التركيب الجزيشي للسليولوز

لقد أمكن تميز السليولوز عن الأنسجة النباتية بواسطة العالم الفرنسي Payen في عام ١٨٣٠ م (Wise et al., 1952) و يعد ذلك بثلاثة أرباع القرن أمكن وضع تركيبه الكيميائي المعروف حاليًا «رول (C_H₁₀O₂)» (C_H₁₀O₂)» (McGinnis and Shafizadeh, 1980) و في وقتنا الحاضر برغم أن هذا التركيب الكيميائي أصبح مفهومًا إلا أن التركيب فوق الجزيئي للسليولوز وطبيعته البلورية وتركيب الفهرلات منه مازال قيد البحث والمناقشة العلمية إلى الأن ومن أمثلة المواضيع غير المعروفة بالتأكيد في هذا المجال تحديد الوزن الجزيئي بالضبط والانتشار المتعمد (Sipstrom, 1981).

والسليولوز عبارة عن عديد تسكر وحيد المكون (homopolysaccharide) ومكون من وحدات بقايا جلوكوز (B-D-glucopyranose units) مرتبطة برابطة جلوكوسيدية ٣ تقنيـة الأخشـاب

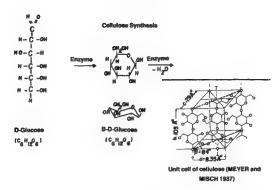
(Ja-4-glucocidic) (شكـل ١٠٩هـ) وهو جذا بوليمر (polymer) استقامي (linear) من وحـدات بنائية من الجلوكوز الاندريدي، وله قابلية لتكوين روابط هيدروجينية بين جزيئية وغرجزيئية. (inter and intramolecular).



شكل ١٩-١. التركيب الكيميائي بُدرى، السليلوز.

وهكذا تتجمع جزيئات السليولوز في سلاسل، وهذه في حزم من الميكروفبرلات توجد بها أماكن مرتبة بلورية (crystalline) تتبادل مع أماكن أخرى أمورفية -amorph (ous والميكروفبرلات تكون الفبرلات، وهذه بالتالي تكوين الألياف السليولوزية، وكنتيجة لهذا التركيب الليفي والروابط الهيدروجينية القوية فالسليولوز غير ذائب في معظم المذيبات، ونظرًا لطبيعة الروابط فيه فهو قوي في الشد (cinsile)).

هذا وقد أمكن تأكيد التركيب البلوري للسليولوز بدراسات الأشعة السينية وتحليل X-ray diffraction بطرق مبنية على أساس امتصاص الأشعة تحت الحمراء المستقطبة (polarized infrared) والوحدة البنائية (unit cell) (الشكلان ١٩،١١٩) بن تضم أربع وحدات من الجلوكوز الأندريدي وسلاميل السليولوز فيها تقع بمستويات متوازية في المستوى الفراغي (002).



شكل ١٩ ب. الوحدة البنائية للسليولوز البلوري.

ويسمح البعد في الاتجاه الرأسي بوجود وحدي جلوكوز ومن الشكل 19-بيدو أن كل وحدة بنائية بها وحدتا سلوبيوز، أي أربع وحدات جلوكوز، وكل وحدة سلوبيوز في ركن الوحدة البنائية يشترك فيها أربع وحدات بنائية، أي ما يخص كل وحدة بناثية وحدة سلوبيوز، أي وحدتا جلوكوز وفي المستوى (002) الوسطى يوجد وحدتا جلوكوز.

وعمل هذا يكون بالوحدة البنائية أربع وحدات جلوكوز، هذا ويمكن إثبات ذلك رياضيًا كيايلي:

> حجم الوحدة البنائية للسليولوز= ٣٠ ، ٢٠٠١ , ٩٠ , ٩٠ , ٩٠ , ٣٥ , ٩٠ , ٣٥٠ ، ٢٠٠٠ حجم مونومر الجلوكوز وهكذا حجم مونومر الجلوكوز= جرام جزيئي لكل وحدة جلوكوز وهكذا ١٩٦٢ ÷ عدد أفرجادرو

> > $(^{\dagger \tau}) \cdot \times \tau, (\tau \cdot \tau) \div (\tau \tau)$

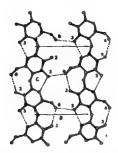
ومتوسط الحجم النوعي للسليولوز = ٣٢٣ . • .

وعلى هذا فإن عدد وحدات الجلوكوز الأندريدي في الوحدة البنائية للسليولوز هي:

ويلاحظ أن كل وحمدة جلوكوز تدور في الفراغ ١٨٠° عن الوحدة التالية لها معطية بهذا محورين للسليولوز ١٠٥ داخل الوحدة البنائية البلورية (unit cell) ، ويهذا فإن السلاسل السليولوزية متوازية داخل هذه الوحدة البنائية .

هذا وتوجد روابط هيدوجينية تمسك بهذا البناء «alattice» ففي سلسلة السلولوز الواحدة نفسها توجد رابطتان إحداهما بين مجموعة الأكسجين المحمول على فرة الكربون السادسة في وحدة جلوكوز أندريدي وبين مجموعة الهيدروكسيل المحمول على فرة الكربون الثانية في وحدة الجلوكوز المجاورة، أما الرابطة الأعرى فبين مجموعة الهيدروكسيل على فرة الكربون الثالثة وبين الأكسجين الحلقى (شكل 19، ٢٠).

كذلك هناك روابط هيدروجينية غير جزيئية بين المجموعة المحمولة على ذرة الكربون السادسة في جزيء جلوكوز والمجموعة المحمولة على ذرة الكربون الثالثة في جزيء جلوكوز بسلسلة مجاورة مكونين بذلك طبقة (layer) من السلاسل، أما في الاتجماء المحوري «C» في الرحدة البنائية للسليلوز «ا» البلوري فإن التركيب يرتبط بروابط فإن ديرفال. (Ott et al. 1954).



٣٠. الروابط الهيدروجينية بين الذرات المختلفة المكونة لجزي، السليلوز وبها فإن كل جلوكوز أندريدي يكون رابطين داخل الجزي، (بين المجموعة على فرة الكربون الشائشة والأكسجين الحلقي وبين فرة الكربون السائسة والثانية) كما يوجد رابطة هيدروجينية عبر جزيئية بين المجموعة على فرة الكربون السائسة والثالثة في الجزي، المجاور (عن المجاور (عن المجاور (عن المحاورة)).

أما السليولوز «اله فإن به الروابط نفسها، ولكن نظرًا لأن به السلاسل المتعاكسة (antiparallel) فإن به أيضًا مجموعيًّ روابط هيدروجينية ما بين السلاسل المركزية والسلاسل في أركان الوحدة البنائية، وبالذات ما بين المجاميع المحمولة على ذرة الكربون الثانية في وحدة الكربون الثانية في مسلسلة وبين المجاميع المحمولة على ذرة الكربون الثانية والمجموعة على بالسلسلة المجاورة وأيضًا بين المجموعة المحمولة على ذرة الكربون الثالثة والمجموعة على خرة الكربون الثالثة والمجموعة على لتتحطيم نسيج السليولوز «اله تتيجة للاتفاخ بالمذيبات القلوية للمسليولوز «اله مرتبط بروابط هيدروجينية بصورة أكبر فهو المسليولوز «اله مرتبط بروابط هيدروجينية بصورة أكبر فهو ولا يمكن عميلة إلى سليولوز «اله ويوجد السليولوز عالى المليولوز «اله ويوجد السليولوز عادة في الطبيعة في صورة السليولوز ولا يمكن تحريلة إلى سليولوز «اله ويلا يمكن تحريلة إلى سليولوز «اله ويوجد السليولوز عادة في الطبيعة في صورة السليولوز ولا يمكن تحريلة إلى سليولوز «اله ويوجد السليولوز عادة في الطبيعة في صورة السليولوز ولا يمكن تحريلة إلى سليولوز «اله ويوجد السليولوز عادة في الطبيعة في صورة السليولوز ولا يمكن تحريلة إلى سليولوز «الهورة على المسلولون عادة في الطبيعة في صورة السليولوز والمسلولوز والم يوليونا السليولوز عادة في الطبيعة في صورة السليولوز والمهورة السليولوز عادة في الطبيعة في صورة السليولوز والمهورة السليولوز والمهورة السليولوز والمها والمورة السليولوز والمهورة السليولوز والمهورة السليولوز والمهورة السليولوز والمهورة السليولوز والمهورة السليولوز والمهورة السليولوز والمهورة و

«I» ، أما السليولوز «III» والسليولوز «VI» فهي تنتج عندما يتعرض السليولوز I,II إلى معاملات كيميائية وحوارية خاصة (Sjostron, 1981) .

هذا وتختلف درجة بلورية السليولوزية حسب مصدره فمثلًا السليولوز المستخرج من الأخشاب (Lang et al., 1960) .

طول السلاسل السليولوزية والوزن الجزيئي للسليولوز

يتضمن عزل السليولوز عن الخشب تحطيًا ليس بالقليل يشتمل على حفض وزنه الجزيئي هذا وتوزيم الوزن الجزيئي يتم إحصائيًا في منحنيات تربط ما بين وزن البوليمر «polymar» وطول السلسلة، ويمكن حساب متوسط الوزن الجزيئي من ذلك إلا أن هذه المتوسطات تختلف حسب طريقة القياس المستخدمة كما محلات في أي نظام (number average يمكن قياس المتوسط العددي (polydisperse) (anaker average) (الم اللوزن الجزيئي بالطرق الأزموسية (الوزن الجزيئي) هو ما يسمى دوليًا الآن الكتلة الجزيئية النسبية (relative molecular mass) بالسليولوز (immergut, 1963) بالسليولوز (immergut, 1963)

أسا الـوزن الجـزيشي المتوسط (average mol. wet. (آلم) weight) فيمكن قياسه بطرق الترسيب الاتزاني قياسه بطرق الترسيب الاتزاني قياسه بطرق الترسيب الاتزاني (ultracentrefugation) من خلال الطرد المركزي العالي (sedimentation equilibrium) فتعطي (M) في حين أن استخدام طرق قياس اللزوجة يعطي وزنًا جزئيًا يسمى « M» فتعطي (Sjostron, 1981) . هذا وفي حالة السليولوز فإن العلاقة ما بين عدد وحدات المونم في السلسلة (أي درجة البلمرة «.D.P» وبين الوزن الجزيئي هي .D.P = $\frac{M}{162}$

لأن ١٦٢ هي الوزن الجزئي للمونمرات السليولوزية أي جزئي الجلوكوز الأندريدي وتعتبر النسبة بين nM , wM مي القياس للانتشار المتعدد (polydispersity) هذا وقد أظهرت دراسات الوزن الجزيئي للسليولوز أن سليولوز القطن له درجة بلمرة تصل إلى ١٥,٠٠٠ في حين أن درجة بلمرة تصل إلى ١٥,٠٠٠ في حين أن درجة البلمرة لسليولوز الخنسب ١٠٠٠ (= عدد الوحدات من الجلوكوز الأندريدي) كما ثبت أن السليولوز في الجدار الثانوي يعد وحيد الانتشار (monodisperse) في حين أن سليولوز الجدار الابتدائي عديد الانتشار (polydisperse).

الميكروفبرلات السليولوزية

يأخذ السليولوز في أشكاله كافة بالنباتات شكل تجمعات لحزم من السلاسل السليولوزية تسمى الميكروفبرلات (microfibrils) هذا ونتيجة لأن التركيب المورفولوجي لجزئي السليولوز مازال غامضًا نوعًا ما فهناك عدد من النظريات والطرق لشرح هذا التركيب (Kandeel, 1969, Pearl, 1964) .

وبالنسبة لحجم الميكروفبرلات وأبعادها فإن هذا يبدو أنه متوقف على مصدر السليولوز ومكانها بالجدار الخلوي النباتي، وقد أثبت Preston أن أقطارها في سليولوز منتج من الطحالب هي mmxxx,۳ (نبوتن) في حين كانت في دراسات أخرى om ۱ بين mn ۱ بين mn الميدروفبرلات من ramic كانت ramic ميكسروفبرلات من ramic كانت ramic مهذا كله يوضح النقص في (McGinnis and Shafizadeh, 1980).

وهذه الدراسات أعقبها دراسات أحدث باستخدام طرق الميكروسكوب الاليكتروني والأشعة السينية اتضح منها أن هناك مكونات أدق داخل الميكروفيرلات تسمى الفبرلات الأولية (elementary fibrils) أو (elementary fibrils) غا أقطار في حدود ه، mm ، وهذه هي الرحدات الأساسية الحقيقية في تركيب السليولوز بالنباتات الراقية (Muthlethaler, 1965) وMuthlethaler, 1965) والمناك بعض التناقض في هذا الشأن أيضًا بين عديد من المباحثين (Côté, 1965, McGinnis and Shafizadeh, 1980, Frank and Emen 1969) and Kandeel 1969) Wardrop, Mar بالمناه أبعاد تصل إلى واحد mar وأسهاها الفبرلات تحت الأولية (subelementary) واقترح بعض الباحثين أمثال المجتبن يحد من نمو وتطور الفبرلات السليولوزية وبالتالي أبعادها. (McGinnis and Shafizadeh, 1980) عديد من البحوث McGinnis and Shafizadeh, 1980)

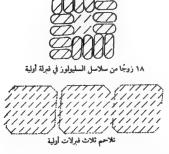
أما بالنسبة لتركيب الميكر وفبرلات فقد مر بمراحل عديدة منذ نظرية شبكة الميسلات التي اقترحها (1958) (Nageli, (1958) الميسلات التي اقترحها (Mageli, (1958) التي ترى أن هناك أجزاء تحت ميكروسكوبية بلورية أسهاها ميسلات (micells) وبينها فراغات عملوة بهادة بين خلوية (Kandeel, 1969) وبينها فراغات عملوة بهادة التركيب البلوري على الأقل جزئيًا بعد اكتشاف نمط الأشعة السينية المسليلولوز البلوري المسمى ا celulosa في المملكة النباتية (عدا نباتات وبناء على هذا فقد اقترح Meyer & Misch السينية لتركيبه البلوري وبناء على هذا فقد اقترح Meyer & Misch منعًا للوحدة البنائية للسليولوز البلوري (شكل ۱۹۹۹) وفي اقتراحها ظهر أن سلاسل السليولوز منوازية متعاكسة (وإن كانت الشراهد العلمية الحديثة نناقش هذا بحذر ولا تقبله حاليًا بصورة نهائية حيث لا يشرح كل سلوك وأنهاط السليولوز (Marchessanlt et al, 1962).

وبعد هذا أظهرت دراسات في استخدام التشتت الاليكترونسي منخفض الحسرارة (tow temperature electron diffraction) على الفالونيا (tow temperature electron diffraction) بواسطة Honjo & Watanabe أوضحت هذه الدراسات أن الوضع الأصلي كها اقترح بواسطة Meyer & Misch ليس صحيحًا بل إن أبعاد الوحدة البنائية أكبر مما هو مقترح ثم أعقب هذا دراسات بواسطة Dobb Backwell على الفالونيا ويواسطة Dobb على الفالونيا ويواسطة (McGinnis and Shafizadeh, 1980).

وقد اقترح بناء على عديد من الدراسات (Kandeci, 1969). أن السليولوز قد يكون به نوعان من الوحدات البئائية وأن سليولوز القطن و ramie بالوحدات مثل ما اقترحه Moyer & Misch في حين أن السليولوز البكتيري به وحدات أكبر من هذا كها أوضحت هذه الدراسات ودراسات أخرى أن ترتيب السلاسل المتعاكس مشكوك فيه، وأنها متوازية داخل الوحدة البئائية (Frey-Wyssling, 1959-1964).

وبالنسبة للطبيعة البلورية للسليولوز فقد تأكد من دراسات عديدة أن هناك نمطًا محدًا للأشعة السينية يعطيه السليولوز «I» إلا أن هناك مناطق أخرى ليست تامة البلورية (Kandeel, 1969) . وهو بهذا به مناطق بلورية (crystalline) ومناطق أمورفية (amorphous) هذا ومن النظريات المديدة بعد نظرية الميسلات التي نفترض وجود أجزاء بلورية توصل بعض الباحثين إلى نظرية شبكة الميسلات (fringed micllar) وفيها أن المناطق تامة البلورية (crystalline) أعلى المناطق أخرى أمورفية موزعة حولها وهكذا قلمت نظرية شبكة الميسلات تفسيرات لحالات عددة في سلوك جزيء السليولوز مثل النمط المتحصل عليه بالأشعة السينية، ومشل امتصاص الرطوبة بدون تغير التركيب البلوري ومثل التحلل الماشي الجزيئي المؤدي إلى تكون قطع صغيرة من الميسلات البلورية بأبعاد ٥ - ١٠ mm الله الله والممروفة باسم (McGinnis & Shafizada, 1980).

وحسب هذه النظرية فإن الميكروفبرلات تتكون من مناطق بلورية وأمورفية تتكون من انتقال سلاسل السليولوز في الميكروفبرلات من مناطق تكون فيها مرتبة (بلورية) إلى مناطق أقل ترتيبًا (أمورفية) إلا أن هذه النظرية لا تشرح وحدها كل ما عرف عن سلوك جزىء السليولوز، ولهذا فقد شرحت عدة نظريات أخرى



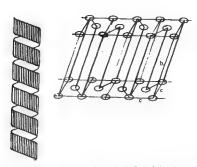
شكل ٢١ - ١ . نظرية الفبرلات الأولية المحتوية ١٨ زوجًا من سلاسل السليولوز

تتضمن الربط بين وجود مناطق بلورية وغير بلورية في ترتيب معًا مثل اقتراح Frey - (1959) .Wyssling الذي اقترح فيه تكوين قلب بلوري من السليولوز يحيط به أو معه مناطق بها سلاسل بوليمرات أساسها سكريات وبقايا سكرية وماء وقد عدل هذه النظرية (1965) .Muhlethallar (

وقد أوضح الأخير كيفية وجود lelementary fibri أولية (شكل LT1) بها 10 أولية أولية (شكل LT1) بها 10 أورجًا من السلاسل السليولوزية المتعاكسة التوازي (Côté. 1965) ، (Kandeel, 1969 ، Côté. 1965) كذلك فهناك نظريات أخرى مثل نظرية (Panby (1957) التي تقرر أن المناطق الأمورفية ما هي إلا مناطق غير منتظمة الترتيب غمر بها سلاسل السليولوز بطول الميكروفبرلات، وأعطي أبعادًا قدرها 300 أنجستروم هي بطول المناطق البلورية شم قيام كيل من Wyssling, (1959) المناطق تامة البلورية في الفيرلات الأولى واقترح فيه أن المناطق تامة البلورية في الفيرلات الأولى ترتبط جانبيًّا مكونة الميكروفبرلات.

كذلك فإن هناك نظرية الفبرلات الشبكية (finged fibrils) التي وضعها (Farle (1963)) التي وضعها المحرودة من الفبرلات مكونة من الفبرلات مكونة من الفبرلات مكونة من الفبرلات مكونة من المسلولوز، وهذه النظرية تجمع ما بين نظريتين سابقتين إحداهما عن استمرارية الجنزيء السلولوزي كها اقترحها (1932) Standinger ، ونظرية شبكة (Kandeel. 1969) المسلات (Wandeel. 1969) . هذا وهناك نظرية اقترحها (Manley وتقترح أن السلسلة السلولوزية تكون شريطًا ملتفًا سمكه 0 ، mm و (۳ أنجستروم) .

ويلتف الشريط بهذا القطر، أو العرض على لفات بطول \$ mn (• \$ انجستروم) (شكل ٢٠) س) ومن مميزات هذه النظرية إمكانية شرح الاتجاء المتعاكس لسلاسل السليولوز إلا أن هناك العديد من الانتقادات لهذه النظرية مثل الأبعاد متناهبة الصغر فيها لتحت الميكروفرلات (subelementary) عايفترض معه احتيالات تعديل في امتداد السلاسل السليولوزية ويذكر (gublementary) أن دراسات Muggli أبي عام ١٩٦٩م تؤيد بشدة امتداد سلاسل السليولوز بعون تعديل أو تكيف آخر. هذا



شكل ٧١ ـ ب. نظرية السلسلة الملتغة كها يقترحها (1963) Mandey

والنصوذج المقترح بواسطة Muhlethaler في (١٩٦٠م - ١٩٦٥م - ١٩٦٩م) (شكل ١٩٦١) يبين أن القطاع في الفبرلات الأولية يضم ٣٦ سلسلة سليولوز وأبعاده م. ٣٩ سلسلة سليولوز وأبعاده م. ٣٩ سلس الله و الشعة السينية المرفية وما يظهر في الأشعة السينية عاشلاً للأصورفية إن هو إلا ناتج عن نهايات السلاسل، وانتقالها عن أماكنها AROWIAN وهي تفترض ما عطابق هذا النموذج في ١٩٧٧م (McGinnis & وهي تفترض عدم وجود مناطق أمورفية، ولكن مناطق عديمة الانتظام بصورة قليلة قد تكون راجعة إلى عدم انتظام الأسطح أو التفاف المناطق البلورية.

هذا ويعتقد أنه لا يوجد نموذج واحد بأي من هذه النظريات يشرح وحدة التركيب المورفولوجي لجزيء السليولوز ووضع البلورية فيها فيازال هناك العديد من التصارض بين فروض النظريات والتساتح الفعلية للسلوك الميكانيكي للألياف السلوك الميكانيكي للألياف (McGinnis & Shafizadh, 1980, Kandeel, 1969 & Mark, 1967).

الخواص العامسة للسليولوز

لا يذوب السليولوز في الماء بعكس النشأ بالرغم من تكون كل منهما من وحدات بنائية متشابهة أساسًا إلا ان أختلاف طبيعة الروابط في هذه الوحدات تجعل السلوك الكيميائي لكل منهما غنلفًا عن الآخر كذلك فهي تحدد قوة الارتباط للجنزي، نفسه فالسليولوز لطبيعة الروابط الهيروجينية والانتظام في نمط السلاسل به نجده ثابتًا بدرجة كبرة من حيث قابلية الذوبان وتصبح العوامل المذيبة له هي تلك المكونة لمركبات معقدة معه مثل هيدروكسيد الاسواسل والكادوسين (cupriethylene diamine, cupramonium hydroxide) وهو أفضل المذيبات للسليولوز.

هذا والمحاليل القلوية تجعل السليولوز ينفتح ولا يذوب إلا أنها تسبب تحلل السليولوز وتدهوره (Kollman and Côté. 1968) بصورة مختلفة فعند درجات الحرارة المنخفضة وفي جو الاكسجين تنكسر الروابط الجلوكوسيدية من خلال تفاعل متسلسل تدخل فيه الأصول الحرة (Whistler & Wolform. 1965) أما عند درجات الحرارة العالية فإن المحاليل القلوية تقوم بتكسير الروابط الجلوكوسيدية مباشرة.

هذا ويذوب السليولوز في عديد من الأحماض المعدنية مثل (٧٣٪ حامض كبرتيك أو ٤١٪ حامض هيدوكلوريك أو ٨٥٪ حامض فوسفوريك) (Whistler et al., 1965) وهذا يصاحب تحلل وتدهور degradation السليولوز.

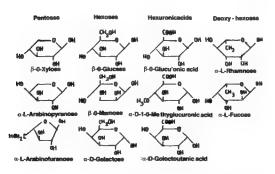
الهيمسليولوز أو البوليوزس (عديدات التسكر الأخرى)

يطلق اسم الهيمسليولوز على مجموعة من عديدات التسكر غير السليولوزية الموجودة بالجدار النباتي هذا وقد أطلق اسم الهيمسليولوز في عام ١٨٩١م بواسطة العالم (Fengel & Wegner, 1984) Shulze) إلا أن هذه التسمية قد تكون مدعاة للخلط مع المستخلص من اللب القاعدي والمحتوي على عديد من سكريات الخشب والسليولوز قصير السلسلة وهذا المستخلص يطلق عليه مجازًا في الصناعة أسم الهيمسليولوز أيضًا

ولهذا فإن عديدًا من العلهاء يفضلون تسمية البلوليوزس (polyoses) لهذه المجموعة من عديدات التسكر بالخشب (Fengel & Wegner, 1984) .

والبوليوزس تختلف عن السليولوز في كونها مكونة من عديد من الوحدات السكرية في سلاسل قصيرة متشعبة ، والوحدات السكرية البنائية لها هي وحدات سكر ناقصة لجزيء ماء (anhydro sugars) تنقسم إلى مجاميع مشل البنتوز (الخياسية) والمكسوز (سكريات سداسية) وحمض deoxy-hexose, hexuronic (شكل ۲۷) وإن كان التقسيم التقليدي للبوليوزس (عديدات التسكر) في الأخشاب ينقسم إلى هكسوز وبنول يورينبلز (polyuronides) .

وهذا التقسيم يعد غير دقيق نظرًا لأن جزيء البوليمر من هذه المركبات فيه نوع واحد في حين أن العكس هو الصحيح في بعض الأحيان حيث إن السلاسل الرئيسة



شكل ٢٢. أهم سكريات الخشب المكونة polymes

للبوليوزس يمكن أن تتكون من وحدات مونومر (monomer) واحدة وفي هذه الحالة تكون Apply واحدة وفي هذه الحالة تكون homopolymer أو من عدد من مونومرات أي سكريات غنافة وفي هذه الحالة تسمى heteropolymer هذا وقد أعطي (Aspinall (1973) تقسيمًا للكربوهيدرات بالنبات يقع في الأقسام التالية:

١ _ سليولوز.

٢ _ هيمسليولوز (زيلات وجلوكاماننان).

٣ ـ بكتين ـ جلوكوپورينيدز ـ أرابينان ـ جالكتان ـ أرابينو جالكتان و . .

 عدیدات تسکر آخری مثل آرابینوجلکتان «جالاکتوجلوکان آوفوکوجلوکان».

ع - جلايكوبروتين.

هذا وتختلف المخروطيات عن صالدات الأخشاب في نسبة البوليوزس الكلية ونوعيتها أيضًا فبالنسبة للوحدات غير الجلوكوزية بالخشب نلاحظ أن المخروطيات بها نسبة أعمل من المانوز والجالاكتوز عن الصالدات في حين أن الصالدات بها زيلوز وبجاميع أستيل (accty) أعلى من المخروطيات (جدول ٨).

البوليوزس (هيمسليولوز) في صالدات الأخشاب.

جلوكيورنـوزيلان Glucuronoxylan : بينــا توجــد هنــاك تباينات عديدة بين D-acetyl-4-0-methylglu- curo في هذا المحتوى إلا أن المكون الرئيس له هو -non في هذا المحتوى إلا أن المكون الرئيس له هو -non والذي يسمى زيلان non- β -D- xylan والذي يسمى باسم جلوكيورونوزيلان واختصارًا يسمى زيلان (xylan)

وحسب نوع وجنس صالدات الأخشاب فإن محتوى الزيلان يختلف (10-٣٠/) ويتركب كيايل (Sjostrom, 1981) .

٦	٧,٧	7	1	1	2,7	1	7,4	· · · ·	7,1	-	, ,,,		1,1	7,7	1,1	ı	- A	ı	1,6	× 1
1	1	1	, , 0		ı	1,1	, 1	I	1	ı	1	I	I	1	ì		ı	مند	۱.	رامنوز بر
£, Y	2, 4	4,4		×, 3*	0,0	1,1	٧, ٥	7,7	A. 30	• , ×	€,∀	•	7,0	0,1	4,6	7,7	7, 4	4.4	£, ^	ھھی یورونیك بز
3,,	3,	,,	7.0	٠,٧	*	3,,	,,0	*,4"	-	1, 4	-	1,0	1,4	1,0	7,7	1,4	1,4	4	1,1	أرايينوز ٪
;	,,	7,7	• , .	1, 16	٠, ٨	٠,٧	1,7	*,4	_	1.0	1, 1	7,4	۲.>	4	7,4	٧,٨	Y , £	4,4	-	جالاكتوز ٪
10,1	17,4	71,7	14,4	14,.	41,4	76,9	44.4	14,0	14.1	۳,>	4,4	٧,٦	<	A	<	*,7	p.F	•, 1	φ,γ	زیلان ٪
76 , 26	4,4	T, 0	۳,۸	.,4	١,٨	4.4	~	١,٨	7.7	٧, ٨	1.,4	17,6	۸,۱	4.6	11	14,7	14.4	11,0	:	% مائان
Ulmus americana	Robinia pseudoacacia	Populus tremuloides	Fraximus excelsior	Fagus sylvatica	Fagus grandifolia	Beiula verrucosa	Betulu papyrifera	Beiula alleghantensis	Acerrubrum	Thuja occidentalis	Tsuga candensis	Pinus sylvestris	Pinus strobus	Picea mariuna	Picea glauca	Picea ahies	Larix laricina	Larıx decidua	Abies balsamea	الجنس الشجري

جدول ٨. الوحدات غير الجلوكوزية من اليوليوزس بالأخشاب (عن: 1984 Fengel & Wegner,

* حمض ٤ ـ ١ . / ميثيل جلوكيوزنيك.

٧£



ومن هذا نلاحظ أن العمود الفقري فيه يتكون من A-D. xylopyranose مرتبطة بروابط 1-3 ومعظم مفردات الزيلوز فيها مجاميع أستيل R-acetyl عند ذرة الكربون الثانية أو الثالثة (حوالي سبع مجاميع لكل عشر وحدات زيلوز) ومع هذا أيضًا تحمل الثانية أو الثالثة (حوالي سبع مجاميع لكل عشر وحدات زيلوز) ومع هذا أيضًا تحمل الموحدات الزيلوز جانبيًا همض Johansson and Samuelson وقد ظهر من دراسات أجراها كل من Johansson and Samuelson في عام ۱۹۷۷م أن الوحدة التالية لنهاية المسلمة المختزلة في الزيلوز هي حمض جالاكتيورنيك مرتبطة مع رامنوز خلال ذرة الكربون الثالثة من سلسلة الزيلان.

جلوكومانان Glucomanna: بجانب الزيلان فإن صالدات الأخشاب تضم حوالي ٢-٥٪ من جلوكومانات وهو يتكون من: Д. Д. д. д. д. д. д. مد . д. д. д. д. д. д. д. ومد الله المنافرة بالمنافرة بالمنافرة بالمنافرة المنافرة المنافرة المنافرة بالمنافرة بالمنافرة بالمنافرة بالمنافرة بالمنافرة بالمنافرة بالمنافرة بالمنافرة بالمنافرة ويعزل الجلوكومانان ويتحول إلى مونومر (depolymerized) تحت الظروف الحامضية.

هذا وهناك بعض عديدات التسكر الأخرى في صالدات الأخشاب قد تكون مهمة لحياة الأشجار، ولكن نظرًا لكميتها فأهميتها ضئيلة صناعيًا (Sjostrom, 1980).

البوليوزس (هيمسليولوز) في المخروطيات:

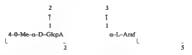
جلاكتوجلوكوماتان Galactogtucomammams : هي أهم محتويات البوليوزس في المختروطيات حيث تصل إلى ٢٠٪ منها والعمود الفقري لسلاسلها هي سلاسل متشعبة المخروطيات عملاسل متشعبة . D. glucopyranose and B. D. mannopyranose

والجالاكتوجلوكومانان يمكن تقسيمه إلى جزأين لهما محتويان مختلفان من الجالاكتوز ففي أحدهما تكون نسبة galactose: glucose: mannose (حوالي ٢٠٠١: ٤ مانوز تقريبًا) بينها في الجزء الآخر تجد نسبة أعلى من الجالاكتوز وتصبح النسبة ٢: ١: ٣ والجزء المحتوي على جالاكتوز قليل يسمى جلوكومانات ويلاحظ أن وحدات الفادد جالاكتوبيرونوز مرتبطة كوحداة بسلسلة جانبية بروابط ٢-١ كها أن ذرة الكربون الثانية والثالثة في المانوز والجلوكوز مستبدلة جزئيًا بمجموعات أستيل (CH,CO).

تركيب جلوكومانان ويها: (Glep) جلوكوبايرانوز؛ (Manp) مانوبيرانوز وجالاكتوبيرانوز (Galp) ؛ (Ac) مجموعة أستيل . (عن: Sjostrom, 1980) .

مجموعة آرابينوجلوكيور ونوزيلان Arabinoglucuronoxytan: وهذا تصل نسبته إلى ٥-١٪ ويتكون من هيكل مرتبط بروابط ١-٤ من D-xylpyranose هستبدلة جزئيًا في ذرة الكربون الثانية بواسطة حمض D-glucuronic - وفي المتوسط يكون الاستبدال في وحدتين من كل عشر وحدات زيلوز هذا بالإضافة إلى وجود مدات زيلوز عشر وحدات زيلوز.

→ 4-β-D-Xylop-1 → 4-β-D-Xylop-1 → 4-β-D-Xylop-1 →



محموعة آرابيتوجالكتان Arabinogalactan : يعد هذا مكونًا غير مهم في عديد من الأخشاب إلا أنه في أخشاب Larch يوجد بكميات كبيرة قابلة للذوبان في الماء هذا والعمود الفقري لهذا المركب يتكون من وحدات B-D-glucopyranose مرتبطة بروابط ٣-١ وتقريبًا فإن كل وحدة بنائية تحمل تفرعات جانبية عند ذرة الكربون السادسة محتوية جالاكتوبرانوز مع أرابينوز بالإضافة إلى بعض أجزاء من حمض جلوكيورنيك، هذا وترجع سهولة الذويان لهذه السكريات في الماء ولزوجتها المخفضة إلى طبيعة التركيب البنائي لها عديد التفرع والتشعب.

هذا وهنـاك عديدات تسكر أخرى في أخشاب المخروطيات مبنية أساسًا من الأرابينوز والجالاكتور وأحماض الجلوكيورونيك والجالاكتورونيك وبها بكتين ونشأ أيضًا. (Wenrl, 1970, Timell, 1965) .

Ligain in Wood Tissues الخشبي الخشيع عزل اللجنين من الخشب

يمكن تحقيق فصل اللجنين من الخشب معمليًا بإحدى طريقتين:

١ - عزل الكربوهيدرات واسترداد اللجنين من المتبقيات.

 عزل اللجنين مع ترك الكربوهيدرات كمتبقٍ واسترداد اللجنين بطرق تبخير المذيب أو الترسيب الجزئي .

والطريقة الأكثر شيوعًا تعتمد على تحلل الكربوهيدرات مائيًا أي عزلها وتستخدم حمض كبريتيك ٧٧٪ (وهي طريقة العالم السويدي Klason) إلا أنها لا تصلح لطرق التحديد الكمي للجنين نظرًا لتكسير جزيئات اللجنين خلال عملية الفصل.

وطريقة عزل اللجنين بإذابته من الخشب مع ترك الكربوهيدرات مع بعض المتبقيات وبعض اللجنين كجزء غير ذائب، وبالتالي يكون اللجنين المعزول قد تجنب التكسير الكيميائي أو التغير في التركيب خلال عملية الفصل إلا أن العائد المفصول من اللجنين جذه المطريقة يكون أقل، حيث يبلغ ثلث اللجنين الفعلي الموجود أصلاً

بالخشب وهنا كان المعتقد أن جزء اللجنين غير الذائب يطابق في التركيب الجزء الذي أذيب خلال الصرل جمده الطريقة إلا أن هذا الفرض غير حقيقي في ظل المعلومات الحديثة (Glasser, 1980) .

وهنا يجب أن نذكر أن طريقة عزل اللجنين فيها شيء من الصعوبة إذ يجب أن يراعى عزله بصورة كاملة في حين يكون الجزء المعزول غير متغير أو عطلًا جزئيًا، ومن أكثر الطرق مرونة تلك التي ذكرها Bjorkman والذي استخلص اللجنين بالماملة بمحلول دايوكسان بعد طحن اللجنين في خليط مع التولوين وعند الاستخلاص مرة أحرى بواسطة dimethyl formanide - dimethyl sulfoxide أحرى بواسطة rate- complex, Glasser, 1980) «LCC».

وعمومًا فإن نجاح عزل اللجنين بهذه الطريقة متوقف على مدى نجاح تكسير الرابطة بين اللجنين والكربوهيدرات ميكانيكيًا، حيث إن الأصول الحرة المتكونة خلال هذه العملية يمكن لها أن تتحد مع بعض أصول اللجنين الأخرى، وبهذا تزيد من الوزن الجزيئي أو درجة الارتباط المتقاطع (degree of cross linking) باللجنين كما وجد أنها يمكن أن تتحد من المركبات من أكاسيد النتروز (Glasser, 1980) (toluene) أو التولوين والمحاسن المالي (Glasser, 1980) وإن كان الطحن يعد غير لازم لإتمام فصل الكربوهيدرات عن اللجنين إذا ما استخدم حامض شخف لإحداث تحلل مائي (hydrolysis) مع وجود مديب مثل الميثانول أو الدايوكسان هذا وقد أمكن عزل لجنين غير متغير تقريبًا بصورته الطبيعية عن طريق عزله في شكل مشتق حض tioglycolic وهذا العزل مبني على تفاعل . tioglycolic .

وهكذا يعزل اللجنين بدرجة عالية عم التحكم في مشتقاته بالتحكم في ظروف التفاعل وإن كان دائيًا هناك اختيار بين كمية عائد الفصل للجنين وبين درجة التكسير في روابطه بعد العزل بالطرق المختلفة، هذا وفي الصناعة طرق عديدة لفصل اللجنين

٧٨ نقنية الأخشاب

مثل الطرق الحامضية والقلوية والمتعادلة والميكانيكية في طرق إنتاج لب الورق التي سيرد ذكرها عند موضع إنتاج لب الورق صناعيًا (الجزء الثاني من المؤلف).

التركيب البنائسي للجنيسن

من المعروف أن اللجنين يعد من أصعب البوليمرات الطبيعية في تعقيد تركيبه وعدم تجانسه البنائي، وقد عملت تجارب عديدة للإنبات والتحقق من طبيعة البناء الكيميائي والتركيب المورفولوجي لجزيء اللجنين الطبيعي وهذه التجارب تقع في ثلاث بجاميم:

تجارب تحلل وتفكك للجنين وتجارب تحليل وتجارب تحديد المجاميم الفعالة (Harkin and Obst, 1972) .

وجميع هذه النظريات والفروض المقترحة للجنين كجزيء ضخم لا يمكن تأكيدها بسهولة حيث لا يمكن وصفه بسهولة ويسر كيا هو الحال في السليولوز مثلاً كبوليمر لوحدات مونومرات متكررة، ولهذا فهناك نياذج عديدة، أو أشكال مفترحة لجزيء اللجنين وإن كانت كلها تبنى على أساس أن الوحدة البنائية هي بروبان فينولي يمل مجموعةي ميثوكسيل gvringl يأخر وطيات ومجموعتي ميثوكسيل gyringl في ذات الاختصاب الصلدة (شكل ۲۳ ـ ا) وهذه الوحدات تصنع مع بعضها هذا البوليمر المتكشف (Sakakibara et al., 1982).

ويعتبر النموذج الذي قدمه Freuden berg من أول هذه الناذج لتركيب اللجنين (Frengel and Wegner, 1984) ، ويلاحظ في هذا النموذج للجنين الد لتركيب اللجنين (المحدود ١٩٥٨ وحدة بروبان فينولي كقطاع من العدد الكلي. والمفروض كونه مائة وحدة كما تقدم فيها بعد Alder في عام ١٩٧٧م باقتراح لنموذج بنائي (شكل ٣٧ ـ ب) مكون من الوحدات ذات التسع ذرات كربون متكررة ١٦ مرة، إلا أن هذا النموذج أيضًا لا يمكن توقعه أيضًا لا يشرح كل الفروض فعشلاً ظهور مجموعة syringl وقرم ١٤٣ لا يمكن توقعه بالضبط (Sakakibara بالضبط في عام كل Sakakibara) وقد ذكر المرجع نفسه اقتراح Sakakibara في عام

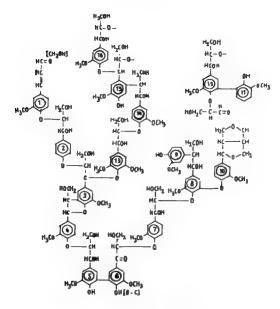
شكل ٧٣ . ١ . بناء اللجنين

1940 م لنموذج به ٢٨ وحدة مكون كل منها من مجموعات من الوحدات ذات التسع ذرات كربون وقد بُني هذا النموذج على أساس تجارب تحلل (degradation) لجنين المخروطيات ثم اقترَحَ حاليًا (Glasser (1980) نموذجًا مبنيًا على أساس تفاعل أزدواج الأصول (radical coupling) لكحولات المجاوزة وبه أربع وتسعون وحدة برويان فينولي، وزنها الجزيء مسبعة عشر الفًا، وقد اعتمد هذا النموذج على بيانات تحليلية من لجنين الصدوير (Pinus taeda) وقد استخدمت في تجهيزه طرق تحليل المناصر والتحليل الطيفي H-NMR لتحديد المجاميع الفعالة وأكسدة البرمنجنات مع المناصر والتحليل الطيفي ثم تقويم النموذج باستخدام الحاسب الآلي لتجميع النموذج في شكله النهائي.

هذا وقد تمت دراسات عن لجنين صائدات الأخضاب أيضًا وبناء عليها اقترح Nimz في عام ١٩٧٤م نموذجًا لهذا اللجنين مبنيًا على أساس دراسات الأكسدة للجنين المطحون من أخشاب. وBettla sp. وتحصل منها على المطحون من أخشاب. ووثبتاثي مونومر (ديمر) ٢٥٪ وثلاثي مونومر (تريمر) ٢٠٪ وثلاثي مونومر (تريمر) ٢٠٪ وثلاثي مونومر (تريمر) ٢٠٪ الملمرة، وهذا عن طريق المعاملة بحمض thioacetic المهروف أنه يكسر الروابط من نوع الفا وبيتا بين فرات الكربون، هذا وقد أمكن حساب نسب عشرة من الروابط بين الوحدات ذات التسع فرات كربون في لجنين خشب الزان وبعد دراسة باستخدام الوحدات ذات التمام في البنفسجية وتحت الحمراء وباستخدام الكربون المشع مع تعمل MMR أمكن وضع نموذج للجنين الصائدات في الزان (شكل ٢٣ ـ جـ) وبه خسة وعشرون وحدة بروبان فينولى، وأمكن وصف ذلك بالمادلة

C₉H_{7 16}O_{2 44}(OCH₃)_{1.36}

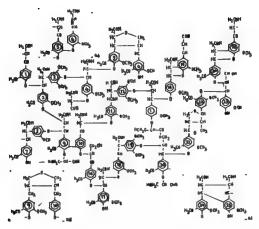
وهي قريبة من دراسات متعددة في هذا الموضوع (Fengel & Wegner, 1984) هذا وقد وجدت وحدات إضافية لما هو معروف في لجنين المخروطيات في حالة لجنين الصالدات، وهذه هي وحدات dibenzyltetrahydofuran وبها روابط جاما أكسجين وروابط بيتا.



شكل ٢٣ ـ ب. لجنيس. عن أدار (٨٣١٣, ١٩٦٦)

عسدم تجانسس اللجنسين

من المعروف أن هناك عدم تجانس واضح في اللجنين حسب نوع النبات والجنس والعمائلة والرتبة النباتية، وقمد عرف هذا منذ زمن بعيد، حيث تأكمد أن لجنين المخروطيات والصالدات ذات الفلقتين كلها غتلفة عن بعضها بالنسبة لمحتواها، ٨ تقنيــة الأخشــا



شكل ٢٣ ـ ج. الجنين نموذج نمز عن دراسات لخشب الزان. (١٩٦٨، ١٩٦٨)

وذوات الفلقة السواحدة من الجسواياسيل أو السسيرانجيل هيدروكسي الفينيل (P.hydroxypheny) وهناك طرق لإثبات هذا متعددة سواء فيزيقية أو كيميائية أو حتى هستوكيميائية (مثل تفاعل Maule اللوني) هذا وقد أدى ذلك إلى وضع تقسيم إلى لجنين النباتات حيث قسم إلى لجنين حواياسيل ولجنين سيرانجيل - جواياسيل حسب طبيعة الوحدات البنائية فيه، ومعظم معراة البذور تعد نموذ اللجنين الجواياسيل مع وجود تركيزات ضعيفة من السيرانجيل الهيدوكسي فينيل ولكن بصفة عامة في الأخشاب اللبنة أي بالمخروطيات، وهكذا تعد المخروطيات ذات لجنين جواياسيل وإن كانت هناك بحونًا أعطت بصورة مؤكدة نسبًا مثل دراسات (1980) Glasser, الي الصنوير التي

أظهرت نسبة جواياسيل إلى سيرانجيل إلى هيدروكسي فنيل على أنها ٨٦ (١٣ وإن كانت بعض أجناس معراة البذور مثل Podocarpus تحوي نسبًا أعلى من السيرانجيل تصل من ٢ إلى ٦٪ وكذلك أجناس Stangeria, Ephedra, Tetrachinis كذلك فإن لجنين خشب الانضغاط وهو المرتفع في الهيدروكسيل فينيل.

أما لجنين صالدات الأخشاب فهو أشد تبايناً من المخروطيات، فمثلاً لوحظ أن اللجنين بحتوي على وحدات سيرانجيل بنسبة أكبر في حالة أخشاب القلب عن أخشاب العصارة كما لوحظ أن وحدات الجواياسيل ذات محتوى مرتفع في خشب الجذور عن العساق، كذلك لوحظ أن لجنين الجدر الثانوية للأوعية والصفيحة الوسطى كانا من نوع الجواياسيل في حين الجدر الثانوي للألياف والأشعية مكون بصورة سائدة من السيرانجيل في حين أن لجنين أركان خلايا الألياف والصفيحة الوسطى ونسيج الأسمة الحشية فيه جواياسيل وسيرانجيل إلا أن الدراسات الحديثة عن هذا تشير إلى أن عدم تجانس لجنين الصالدات غير مؤكد بصورة واضحة بالنسبة إلى العناصر الخلوية المختلفة في حين أن تأكيد التاين في اللجنين بين طبقات الجدار الخلوي المختلفة يعد (Sarkanen et al. 1970).

خواص اللجنيسن

بالنسبة للتحليل الكيميائي للعناصر يلاحظ أن اللجنين بالمخروطيات له محتوى كربونٍ يصل إلى ٣٥٪ في حين أن المحتوى الكربوني للجنين في الصالدات يصل إلى ٣٠٪ وهذا راجع إلى محتوى الاكسجين العالي للجنين الصالدات نتيجة لمجاميع الميثوكسيل العديدة التي تصل إلى ٣٧٪ في حين أن المحتوى الميثوكسيلي للمخروطيات حوالى ٢١٪.

هذا ويوجد دائمًا مع اللجنين بفايا من عديدات التسكر، وهي أعلى في الصالدات عن المخروطيات، ومع هذا الاختلاط الدائم بين اللجنين ومركب عديدات المسكر المعقد فإن معرفة الوزن الجزيئي الدقيق للجنين يعد أمرًا غاية في الصعوبة، ينتيجة لحالة تصدد الانتشارية (polydispersity) فإن يجب أن نذكر كلاً من الوزن

Λ£

الجزيئي العددي MR والوزن الجزيئي الموزون MR هذا ويتراوح الوزن الجزيئي الموزون للجنيئي العددي MR من قدره معمليًا على أنه ٧٧٠٠٠ في للجنين بين ٧١٠٠، (٧١٠ إلا أن هناك من قدره معمليًا على أنه أربعون الفًا من قبل المخروطيات (Fengel and Wegner, 1984) وحسب أيضًا على أنه أربعون الفًا من قبل بواسطة الباحثين أنفسهم في عام ١٩٧٧م إلا أن هناك من قدرة في متوسطات لمكونات مخفقة وصلت إلى ٧٠٠٠ فقط، وعلى هذا فليس هناك متوسطات معتمدة نتيجة لعدم تجانس اللجنين المعزول من الاخشاب ومن الواضح أن هذا المدى الواسع للأوزان الجزيئية الموزونة MR للجنين راجع إلى حالة تعدد الإنتشارية (polydispersity) في

أما من حيث ذوبان اللجنين فإن العاملين المحددين للوبانه هما طاقة الروابط الهيدروجينية وكشافة طاقة اللصق (cohesive energy density) ومن المذيبات المعروفة للجنين الدايوكسين و (DMF) و dimethylsulfoxide) و للجنين الدايوكسين و ethyleneglycol-monomethylether والبريدين والداي كلوروايين و acetyl bromide في حمض الخليك وهيكسافيوروي وبانول.

أما بالنسبة لامتصاص طيف الاشعة فوق البنفسجية للجنين فهذا يتوقف على صفاته من حيث عدد مجاميع البروبان الفينولي والعناصر البنائية له هذا وطيف الامتصاص المميز للجنين يعطي قمة عند ٢٨٠ ميكرومتروهناك قسمة أخرى في طيف الامتصاص الخبار يعطي ميكرومتر والاتجاه العام لمنحنى الامتصاص اتجاه تنازلي يصل إلى ٢٠٠ أو ٢٠٠ حيث توجد قسمة امتصاص إخرى على المنحني.

أما منحنى طيف الأشعة تحت الحمراء فيظهر عليه مناطق محددة الامتصاص ١٤٦٠م ' يتشكل ويتشوه الميثيل في الميثوكسيل بالإضافة إلى ذبذبات الحلقة المطربة.

هذا وتستخدم كثافة الامتصاص عند الموجات، محددة للتمييز بين اللجنين في المخروطيات وفي ذات الأخشىاب الصلدة (Fengel & Wegner, 1984) هذا وتـظهر موجات امتصاص مجموعة الكربونيل في مدى ١٦٦٠ و١٧٢٥مم ا والوضع المؤكد لموجة الامتصاص يعتمد على ما إذا كانت مجموعة «الكربونيل» مرتبطة مع الحلقة المطربة أم لا.

هذا وقد أمكن تقسيم اللجنين عن طريق دراسة طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء بالنسبة لما يحتويه من سيرانجيل أو جواياسيل ونسبتها، كذلك ما يحتويه من الهيدروكسي فينيل.

أما بالنسة للتركيب فوق المدقيق للجنين فقد درس حديثًا بالمكروسكوب الاليكتروني، هذا وتظهر بقايا اللجنين بعد المعاملة بالحمض في أشكال غير منتظمة تعتمد على طريقة العزل نفسها، في حين أن دراسة اللجنين بعد المعاملة بالايثانول خلال العزل تظهر في أشكال كروية بأقطار حوالي ١٥٣٥ (Fengel & Weger, 1984) nm ،

أما بالنسبة للربط بين اللجنين والكربوهيدرات فقد أصبح الآن في حكم المؤكد أنها موجودة، بل إن وجود الكربوهيدرات يعد مطلوبًا قبل بدء تكشف اللجنين في الجدر الخلوية.

هذا ولو أن الرابطة ونوعها بين اللجنين وبقية الكربوهيدرات مازال قيد البحث لتأكيد معقد اللجنين كربوهيدرات الذي يطلق عليه LCC أو في حالة تسميته بمعقد عديدات التسكر فإنه يطلق عليه LPC هذا وبرغم تأكيد وجود ترابط بين اللجنين وعديدات التسكر (أو الكربوهيدرات) في الجدار الخلوي للنسيج الخشبي إلا أن التجانس الكيميائي للمركبات المعزولة لتمثيل معقد اللجنين ـ كربوهيدرات مازل يسجل تساؤلًا بالنسبة لمدى تكراره وطبيعة الروابط الكيميائية فيه .

المتخلصات الخشيسة Wood Extractive

تعرف المستخلصات الحشبية بصورة عامة على أنها تلك المركبات الموجودة بالنسيج الحشبي القابلة للفوبان بالمذيبات القطبية وغير القطبية، أو بصورة أضيق هي المركبات التي تذوب في الماء والمذيبات العضوية . هذا وبتباين المحتوى الخشي من المستخلصات بين الأجناس فهو قد يكون المن (Fengel & Wegener, 1984) وقد تصل إلى ١٥٪ في الصنوبريات (Fengel & Wegener, 1984) وقد تصل إلى ما يزيد عن ٢٥٪ في بعض الصالدات مثل الكافور (Time and Kherallah, 1979) هذا وهناك العديد من المراجع التي تلخص ما عرف من المستخلصات واستمالاتها مثل (Kandeel, 1985, Farmer, 1967, Buchanan, 1963)

هذا ونـ لاحظ عمومًا أن المستخلصات في المخروطيات تضم معظم مجاميع الـتربينات، بينــا الصالدات تضم التربينويدات العالية في حين أن الصالدات من الاخشاب الاستوائية فيها مونوثربينات.

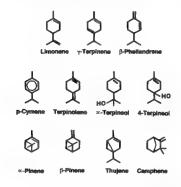
المستخلصات الخشبية في المخروطيات

التربينات والتربينويدات Terpines and Terpenoids

تنتشر هذه المركبات في المملكة النباتية وقد عرف منها ما يربو على ٢٠٠٠ ويذكر ذلك Fengel & Wegner, (1984) عن حسابات Cordeel في عام ١٩٧٤م. وحسب عدد وحدات الايزوتربين تقسم التربينات إلى:

- monoterpenes ويها وحدثان
- sesquiterpenes وسا ثلاث وحدات
 - diterpenes ويها أربع وحدات
- sesterterpenes وبها خمس وحدات
 - triterpenes وبها ست وحدات

 هذا والمستخلص البخاري من المخروطيات والمعروف باسم زيت الخشب المتطاير (urpentine) أو الـترينتين (volatile wood oil) يتكون أساسًا من الترينات الأحادية أو مونوتربين مثل «bimonen» (شكل ۷۴) وتباين نسبة كل منها من جملة التربينات بين الأجناس المختلفة، هذا ومن ضمن التربينات



شكل ٢٤. تموذج الأحاديات التربين (مونوتربين)

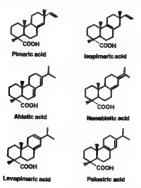
النادرة المونوتريين المكون من حلقة سباعية التي يشار إليها بأنها مشتق Tropolone مشل حمض الثويا والثويابليكان الموجودة في عائلة Cupressacea مثل جنس الثويا. .. Thyja sp.» (شكل 40) وبعضها أسامي في جعل الخشب مقاومًا للنمل الأبيض.

Thulic sold 6-Yhulaplich

شكل ٢٥. نموذج لأحاديات التريين من التروبولون

٨A

هذا وتوجد من ضمن المستخلصات في المخروطيات مجموعة تنتمي إلى الـ eses. وuiterpenes (شكل ۲۲) دمثل , gemacrene, cadiol, longipinene, farnesene هذا وقد عزلت مشتقات «tropolones» من جنس السرو (Cupressus) ومن جنس العرعر،



شكل ٢٦. داي تربين عض (الحموض الراتنجية)

وتبلغ نسبة الـ sesquiterpene من ١-٥٪ من جملة أحادي التربين (monoterpene) في المتربين (monoterpene) في المخروطيات هذا ويوجد أيضًا (Diterpenes) في جزء Oleoresin بالمخروطيات بالإضافة إلى حموض التربينويد والشموع وبعض الكحولات.

هذا وقد لوحظ خلال دراسة توزيع الحموض الراتنجية في Picea abies من القلف إلى النخاع أن هناك تباينًا في نوعية وكمية المستخلصات من هذا المجموعة حيث يوجد نقص ملحوظ من الخارج إلى الداخل في كمية المحموض, levopimaric, palustric, abietic, neoabietic بمعنى أنها كانت تنقص من خشب المعمارة إلى خشب القلب كها وجد نمط معاكس في هوض dehydroabietic

ويذكر ذلك (Fengel & Wegener, (1984 هي عام ١٩٧٩ مهذا ومناك بعض الد «diterpenes» نادرة التواجد في الأخشاب المخروطية مثل ومناك بعض الد خصيرها كها توجد حلقات فينولية معلقة على بعض الد diterpenes كذلك يوجد etarusin, lambertianic كذلك يوجد triterpenes مثل diterpenes هذا والمركب الرئيس في معظمها من مجموعة الد serratenediol مثل (Hillis, 1972) B-sitosterol في المخروطيات هو: (Hillis, 1972) B-sitosterol

الشموع والدهسون ومركباتها

يصل المحتوى من الدهون ٣٠.٤. ٠٠ والمحتوى من الشموع من ٠٨. إلى ٩٠. • من الوزن الجاف للخشب في المخروطيات.

كذلك توجد حموض دهنية وكحولات ومعظم الحموض الدهنية في الخشب مشبعة وتضم ٢٠١٦ فرة كربون وفي المتوسط تضم حوالي وتضم ٢٠١٦ فرة كربون وفي المتوسط تضم حوالي ١٨٠ فرة ومن أمثلتها حرة أو مرتبطة المرتبطة ومن أمثلتها المحدولات حرة أو مرتبطة المحدولات وهذه ذات سلاسل استقامية تتراوح بين ١٨٠١ فرة كربون ومن أمثلتها -be«henic alcohol (I-docosanol) كيا وجدت كحولات أعلى من هذا في أخشاب الصنوبر الجنوبي الأمريكي.

المركبات الفينولية

تحتوي المستخلصات الخشبية للمخروطيات على عديد من المركبات المنسولية، وبعضها متقات لعمليات التخليق الحيوي للجنين في هذه coniferyl aldehyde, vanilin coniferin, تركبات ومن ضمن هذه المركبات والأخشاب ومن ضمن هذه المركبات وrethylphenol, guaicylglycerol, وتوجد في المخروطيات خاصة جنس Picca والصنوبر كما وجدت منقيات من quinol, hydroquinone في خشب اللخروطيات (Fengel and Wegner, 1984) كذلك توجد مجموعات الدوسات (۲۷) وهي مركبة من وحدتين بروبان فينولي وتوجد بكثرة في مستخلصات المخروطيات ومن أمثلتها المودة في أشجار الأروكاريا (Arakcaria sp.)

احتوت على ٩٠/ ignans وعمومًا نتعد الـ ignans امن ضمن مركبات مستخلصات خشب القلب في المخروطيات كذلك فإن تكونات الكالس في العبروس تحوي أيضًا خشب القلب المخروطيات ومن أمثلتها pinosylvin وجليكوسيدات الاستلين مثل piceid كذلك يوجد مجموعات من الـ flavonoides في مستخلصات المخروطيات (شكل ٢٧، ٣٠) ومن أمثلتها https:// المنافقة ويعتبر (Hillis et al, 1974) .

هذا وتوجد مجاميع أخرى في مستخلصات أخشاب المخروطيات جميعها توجد بكميات ضئيلة ومن أمثلتها N-alkanes ومشتقات الـ ethine وغيرها كالبروتينات الموجودة بقلة في بعض الصنوبريات.

المستخلصات الخشبية في ذوات الأخشاب الصلدة

التربينات والتربينيدات Terpenes and Terpenoides

من بين أحاديات التربين (camphor) الموجودة في ذات الأخشاب الصلدة الأستوائية الكافور (camphor) الموجودة في أخشاب أشجار القرفة (Cinnamomun camphora) وتوجد الـ sesquiterpenes بقلة في بعض أخشاب المنطقة المعتدلة ومن أمثلتها الـ calaween والـ cadalene ومثل الـ sonones الموجودة في أشجار الإلم (elm) وأخشاب القلب في المانسونيا الاستوائية (Mansonia altissima) في أشجار الإلم (samia altissima) بالأحشاب الاستوائية مشل خشب الصندل (Santalum albund) لموجود فيه بكثرة مركبات الـ B-santalol ويصل إلى ٩٠٪ من زيت الصندل (sandel oil) هذا والد triterpenes موجودة بكثرة في عديد من صالدات الاختشاب من المنطقة الاستوائية أو المنطقة المتدلة ومن أمثلتها الـ (ook) .

هذا ويوجد عديد من الـ triterpinenes في راتنجات الأخشاب الاستوائية مثل الموجودة في أخشاب المطاط الطبيعي (Hevea braziliness) ومن ضمن هذه

شكل ٢٧. مستخلصات اللجنانات من المحروطيات

شكل ٣٠. فلافونيدات ذات حلقة إضافية

المجموعة يوجد الـ steroides في صالدات الأخشاب (كيا هي في المخروطيات) ومن أمثلتها B-sitosterol وبعض steroides توجد في تكوينات استر مع الحموض الدهنية وهذه المجموعة من triterpenes, steriodes . عمومًا تمر بالأخشاب خلال عملية اللب بأنواعه، ونظل في الألياف حتى عملية التبييض وهي المسؤولة عن اصفرار لون اللب النستاسج (Lindgren, 1967) هذا وتحتسوي صالسدات الأخشاب الاستوائية على جليوكوسيدات من التراي تربين والاسيترويد (triterpines & steroides) وتكون محلولاً مع الماء، وتسمى sapogenins وجليوكونات الصابونين هذه تعرف باسم . sapogenins

هذا ويوجد الصابونين في أخشاب عدة مثل أبو فروة (chestnut) الموجود به في المكوري الأفريقي (thicghemella) وبم apogenim ، وتعد مجموعات الصابونين أيضًا مسؤولة عن مناعة بعض الأخشاب ، ومقاومتها لإصابة النمل الأبيض والفطريات مثل أخشاب Mamilkara Zapota) كو بعض هذه المركبات له تأثير سام أو مخدر على الأسياك (Fengel and Wegener, 1984) .

هذا وهناك مجموعات أعلى في عنواها الحلقي عن التراتريين، وهي المحتوية على أكشر من ست وحدات ايزوبسرين وتعرف باسم polyprenes ومن أمثلتها cantchonc, tuta وهي بوليمسرات تختلف فقط في تشكيل سلاسلها، ومن ضمن الأخشاب التي تحتويا Tectona grandis).

الدهون والشموع ومكوناتها تحتوى مستخلصات صالدات الاخشاب على هذه المركبات (مثل المخروطيات) ومعظم الحموض الــدهنية المعزولة من الحور والسنديان والبتولا تنتمي إلى مجموعة triglycerides .

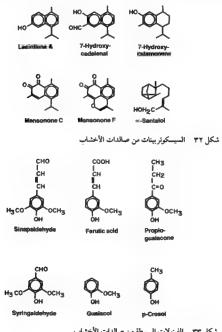
كذلك فإن حمضا الـ palmitic, linoleic توجد في مجموعة الحموض الدهنية الموجودة في الكافور E. globulus ، كما أن حمض الـ linoleic هو الحمض الرئيس في الشموع بأخشاب الحور P. tremuloides .

الفينولات واللجنان والكيونون Phenols, Lignans and Quinones

مثل المخروطيات فيان مستخلصات الأخشاب الصلدة تحتوي فينولات ذات وزن جزيشي صفير مشل syringic و P-hydroxybenzoic و P-hydroxybenzoic وحض وزن جزيشي صفير مشل syringaldehyde وللسوجودة في جنس الجسوز والسفصاف (Buchanan. 1963) كيا وجد في Sinapaldehyde المستخلص بالماء الساخن من أخشاب الكافور كذلك فإن اللجنان (Bignans) والموجودة بكثرة في المخروطيات توجد أيضًا في الصالدات، وتوجد بعضها مرتبطة بسكريات مثل الرافنوز والمانوز في شكل المحرودة، وهي موجودة في أخشاب جنس Guaiacum الاستوائي المحروفة، وهي موجودة في أخشاب جنس Guaiacum الاستوائي (شكل ۲۹).

شكل ٣١. الهياتوكسيلون

أما الكيونـون (quinones) فمنهـا Q. sesquiterpines الموجـودة في أخشـاب المانسوينا الأفريقية وغيرها وتوجد الـ quinones في أخشاب التيك والسرسوع -Dalber gia (شکلي ۳۲، ۳۳).



شكل ٣٣. الفينولات البسيطة من صالدات الأخشاب

التانينات والفلافونيدز Tannins and Flavonoides

تعد التانينات النباتية عبارة عن فينولات بسيطة، أو فلافونات متكفة، (شكلي ٣٤، ٣٥) ويمكن تقسيم التانينات إلى تانينات متحللة مائيًا (hydrolyzable) والتانينات المتحللة مائيًا وفير متحللة مائيًا (phlobaphenes) وأي (condensed) والتانينات المتحللة مائيًا هي استرات لحموض الجاليك وتناثيات بلمرته مع أحاديات تسكر مثل الجلوكوز كها توجد الفينولات من نوع aglycones في تركيزات بسيطة بأخشاب السنديان والكافور وعادة تقسم التانينات المتحللة مائيًا إلى gallotannins معلى هض gallot بعد التحلل،

Eucalyptus ellegitennins

شكل ٣٤. بعض تائيتات الصالدات

شكل ٣٥. تركيب التاتينات المتكثفة

وإلى ellagitamins تعطي حمض ellagic بعد تحللها وميثيلات حمض ellgic وحمض ellgic بعد تحللها وميثيلات حمض ellgic وحمض ellagic النبنات أخشاب الكافور (Hillis, 1972) والتانينات عادة ما تضاوم فعل سوائل الطبخ في طريقة الصودا القاعدية (Hillis, 1974) والمكونات الرئيسة للتانينات المتكفة تشمل catechins والد eucoanthocyanidine وهذه المركبات تنتمي إلى جموعة الفلافونيدز (شكل ٣٦) (Bavonoides) وهي تشتق من flavon الذي يعد

Basic structure	OH-(OCH ₁)-	Name	Occurrence
flevones	3,7,3',4'	fisetin	Acacia, Rhus, Schinops
	3,5,7,4'	kaempferol	Afzelia
	3,7,3',4',5'	robinetin	Acacia, Robinia, Schinopsi
	3,5,7,3',4'	quercetin	Acacia, Aesculus, Quercus
	3,5,7,2',4'	morin	Chlorophora
	3,7,3',4'	fisetinidol	Acacia
	3,4,7,3',4'	mollisacacidin	Acacia, Gleditsia
	3,5,7,3',4'	catechin	Acacia, Schinopsis
	3,4,5,7,3',4'	leucocyanidin	Schinopsis
Gevenous	7.3',4'	butin	Acacia
	3.7,3',4'	fustin	Acacia, Schinopsis
\$\frac{1}{2}\$	5,4`,(7)	prunetin	Prunus Otericarovs
isoffavorus	5,3',4',(7)	santal	Pierocarpus, Santalum

Basic structure	OH-(OCH ₃)- position	Name	Осситенсе
1	3.4.2'.4'	butein	Acacia. Pseudosindora
101	3,4,21,31,41	okanin	Cyclicodiscus
(O) [(4)	a,3,4,2',4'	pentahydroxy-	Peltogyne.
COMMON		chalcone	Trachylobium
	6,3',4'	sulfuretin	Pseudosindora
	6,31,41,(4)	rengasin	Melanorrhoea,
			Pseudosindora
iOC-co-OI	2.6,31.41	Tetrahydroxyben- zylcoumaranone	Schinopsis
nurones	2,6,3',(4')	methoxy tri- hydroxybenzyl- coumaranone	Schinopsis

شكل ٣٦. الفلافونيدات بصالدات الأخشاب، (اعن Fengel & Wegner, 1984).

ثنائياً phenyl benzopyrene وهناك مشتقات عديدة من الفلافون مثل phenyl benzopyrene و isoflavanes و soflavanes و bala تحتري حلقات pyrane وإذا احتوى المركب على حلقة pyrone مفتوحة يسمى turanone ، والمحتوى على حلقات aurones يسمى chalcones ، والمحتوى على حلقات aurones . هذا ويحتوي مستخلص الأخشاب الملونة عادة على flavanones ، (شكال ۲۷) وتستخدم

شكل ٣٧. الألكالويدات من صالدات الأخشاب

مستخلصاتها صبغات طبيعية وعادة يتكون لها اللون بعد تفاعلات عقب المعاملة مثل أكسدة الهيإتوكسيلون (haematoxylin) لتعطى haematein (شكل ٣١).

هذا وتستخدم التانينات المتكثفة لنعطي فينولات بسيطة ولواصق لصناعة الخشب الحبيبي والابلكاج عن طريق عملية تكثيف ذاتية، أو تكثيف مع الفورمالدهيد أو عملية كبرته.

مركيسات مختلفسة

توجد مركبات أخرى مختلفة في مستخلصات صالدات الأخشاب من مجموعة الهيدركربونات المشبعة، ويمكن إنتاج الآثين (ethene) من خشب القلب في الجوز الأمريكي (Juglanus nigra) والميشان (methane) من خشب القلب في الجوز والصفصاف و ulmus عن طريق الإصابة ببكتريا لا هوائية.

هذا ويحتوي خشب القلب على كمية أقل من السكريات عن خشب العصارة كمستخلصات، كذلك توجد بعض الحموض الأمينية في خشب السنديان والكافور وعمومًا فإن المحتوى التروجيني للأخشاب وإن كان مصدره ليس راجعًا كله إلى الروتيتات، بل قد يوجد في الأخشاب الاستوانية (alkaloides) (شكل ٣٧) مثل لـ في جنس etiriodenine في جنس بنس في للنائدة في المنافقة في جنس Liriodenine في جنس magnoleaceae.

المكونات غير العضوية، Inorganic Contents

كذلك يوجد مكونات غير عضوية في الأخشاب، وهي نظهر في الرماد خلال التحليل الكيميائي للعيات الخشبية، هذا والمحتوى المعدني للأخشاب ضئيل حوالي ١٨٪، ومعظم مكونات الرماد من الكالسيوم والموتاسيوم والمغنسيوم، وفي معظم الأخشاب فإن الكالسيوم يصل إلى ٥٠٪ من جملة المحتوى المعدني & (Fengel . Wegener, 1984)

تكوين المكونات الكيميائية بالنسيج الخشبي Biosynthesis of Chemical Constituents in Wood Tissue

إن إدراكنا لطبيعة تركيب الجدار الخلوي والنسيج الخشي يقودنا مباشرة إلى تصور مدى تعقيد عملية تكوين وتخليق التراكيب الكيميائية المعقدة من بلمرات عالية لتعطي في النهاية هذا النسيج الخشي، إذ إن أي نظام مقترح لشرح هذه العمليات يجب أن يأخذ في الحسبان كيفية وضع وترتيب سلاسل السليولوز مع اللجنين والبوليوزس المختلفة بالنسيج الخشبي، وللأسف فهناك القليل فقط المعروف عن هذه العمامات كلها إلى الأن.

وإذا أخدنا في الاعتبار أن السليولوز وحده له طريقان للتكوين ففي الجدار الابتدائي يتكون سليولوز منخفض الوزن الجزيئي ذو درجة بلمرة من ٢٠٠٠-٢٠٠٠ فقط في حين أن السليولوز بالجدار الثانوي تصل درجة بلمرته إلى ٢٠٠٠ (Shafizadeh & McGinnes, 1980).

هذا وتعد النيوكليوتيدات السكرية sugar nucleotides هذه بواديء تكوين الكربوهيدات المكونة بالجدار الخلوي، وهذه النيوكليوتيدات تتكون عن طريق الترابط بين pyrimidine والسكريات وهذه المجموعات بدورها يتم استرتها بحمض الفوسفوريك.

هذا ونـوعـا النيوكليوتيدات التي وُجـد أنها مههان في عملية التخليق الحيوي للسليولوزهما:

1- uridine,5 (\propto _ D _ glucopyranosyl phosphate) UDP-D glucose. 2-cyabistubem 5 (\propto _ D _ glucopyranosyl phosphate) (GDP-D-glucose

هذا وكان أول تقارير عن عزل جزيئات شبيهة بالسليولوز عن طريق العالم Glasser الذي أمكنه تحضير هذا من بكتريا Acerobacter xylinum من خلال تحضيرات أنزيمية من هذه البكتريا عولجت بها مجموعات D-glucopyranose من UDP-D clucose فأعطت سليولوز، ومنذ هذا البحث هناك بحوث عديدة عن هذه الأنظمة حرة الخلايا (cell-free systems) التي أعطت تركيب شبه سليولوزي .

هذا وبعد الباديء للبوليونس (هيمسليولوز) أيضًا نيوكليوتيدات، وقد وجد
UDP-D-xylose ، والأرابينوز من ،UDP-D-xylose ، والأرابينوز من ،UDP-D-xylose
UDP-L-arabinose ، أما الجلوكومانات فقد وجد أن تخليقه ينشأ من خلال باديء هو
GDP-glucose مع GDP-glucose هذا ونتيجة لمديد من الدراسات المؤيدة لأن
بواديء عديدات التسكر بالخشب هي نيوكليوتيدات فقد اقترح Hassib أن تكون
السليولوز يأخذ شكل المعادلة الأتية في النباتات الراقية :

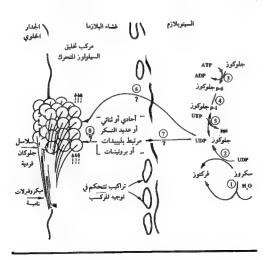
 $GTP + \alpha\text{-}D\text{-}glucopyranosyl pyrophosphorylase} \\ GDP - D\text{-}glucose + PPi & \xrightarrow{\qquad} \\ n(GDP\text{-}D\text{-}glucose) + acceptor glocotransferase} \\ \leftarrow & \leftarrow$

 $acceptor - ((1 4)-4)-B-D-glucosyl))_n + n(GDP) cellulose$

وغير واضح في هذا الاقتراح ما إذا كانت النيوكلوتيدات السكرية هي معطيات الجليكوسيل خلال هذه العمليات أم أنها تمر بصور وسطى مثل جليكوليبيدات الجليكوسيل يتحول من (glycolipid) وقد اقترح هذا (1964) Colvin, (1964) في الخليكوسيل يتحول من المنادوب المناد

هذا وقد عملت أبحاث عديدة لتحديد الموقع الذي يتم فيه تخليق عديدات التسكر بالجدار الخلوي ومعظمها تشير إلى أن البوليوزس (هيمسليولوز) والبكتين تتخلق في أجسام جولجي (Golgi bodies) في حين أن تخليق عديدات التسكريتم خارج السيتوبلازم في منطقة غشاء البلازما (plasma membrane) في مواقع تكوين الميكروفرلات.

وم. ذا يتم تخليق السليولوز في المنطقة عند تلاقي الجدار الحلوي مع غشاء البلازما وقد اقترح (1980) Delmer نبوذجًا بشرح خطوات تخليق السليولوز وموقعه (شكل ٣٨) وفيه فإن الجلوكوز (UDP-glucose) يتخلق في السيتوبلازم بأنزيهات سيتوبلازمية.



شكل ٣٨. النموذج المقترح لتخليق السليولوز حبويًا في النباتات (عن Delmer, 1980)

وهـ ذا الشكـل النشط من الجلوكوز ينتقل مباشرة إلى السلاسل من الجلوكان النامية إلى تحت وحدات (sub-units) من السليولوز المخلق في غشاء البلازما.

وبالتبادل يحدث نقل لتبقيات الجلوكوز من جلوكوز UDP إلى fipid أو بروتينات وسطية يجدث بعدها نقل إلى سلاسل الجلوكان النامية في الفبرلات، وهذه السلاسل ترتبط معًا بالروابط الهيدروجينية لتكون فبرلات، وفي الشكل السابق رقم ٣٨ فإن الارقام تشير إلى التفاعلات التي يدخل فيها عوامل أنزيهات مساعدة كهايل:

هذا ومن غير المعلوم كيف تتحكم الخلية في حجم البوليمر المتكون وكيفية تشكيلها للميكروفبرلات. هذا وقد اقترح العالم (1965) Preston أن هناك مواقع قالبية (template) يتم فيها تكوين جزيشات من السليولوز كخطوة وسطية قبل تكوين السلاسل السليولوزية والميكروفبرلات وقد أيد هذا Muhlethaler واقترح أن تكوين سلاسل السليولوز والميكروفبرلات يتم بتخليق حيوي عند النهايات الموادن الجزيش المضبوط واتجاه الميكروفبرلات وتشكلها.

أما التخليق الحيوي للجنين وبوادته فيمكن أن نذكر أن دور كحول الكونيفريل (conifery) قد تأكد بعديد من الأبحاث التي تستخدم الكربون المشع (14) هذا وبواديء اللجنين جيعًا P-coumaryl, conferyl, sinapyl كحولات والكونوفيريل، تتكون من الجلوكوز عن طريق عديد من التفاعلات الأنزيمية والجلوكوز المتكون من عملية البناء الضوئي ينتقل أولاً إلى فوسفات هيبتوز تتحول فيما بعد إلى حض S-dehydroquinic ويقود التضاعل إلى تكون بصورة مغايرة في الحشائش من shikimic وإن كان اللجنين يتكون بصورة مغايرة في الحشائش من

خلال tyrosine) وهذه البواديء جميعًا يعتقد وجودها في منطقة الكامبيوم في حالة المخروطيات على صورة جليكوسيدات تتحرر بواسطة فعل B-glucosidase هذا وتعد المدراسات التي أجراها Erbtman في عام ١٩٣٠م ذات أهمية خاصة في دراسة وتوضيح كيفية تكشف اللجنين وتخلفه الحيوي، ويعسد هذا أوضحت ذلك دراسات التوسات أن التفاعلات الأنريمية (dehydrogenation) تبدأ بنقل اليكترون عا يؤدي إلى تكوين أصول فينوكسيل (phenoxyl radicals) يتنج عن اتحادها ثنائيات تبلمر (dimers) متعددة بالإضافة إلى تكوين أصول فينوكسيل (phenoxyl radicals) يتم عن اتحادها ثنائيات تبلمر الأسدة المزدوجة والاتحادات المتتالية إلى تكوين مركبات بها عديد من المواقع الجانبية غير المشتقة إلا أن التفاعل يستمر بشكل بلمرة نهايات (cndwise plymerization) .

وهكذا فإن البوادي، المونومرية تتحدد عند نهاياتها مع بعض والتوفيقات المختلفة الممكنة للأصول المونومرية عند نهاياتها بمجاميع فينولية بروابط 8-5,8-04 قد نقود إلى بوليمر استقامي (بعكس اللجنين) إلا أن تفرع البوليمر هنا يحدث من خلال تكوينات بنزيل وايثير بالإضافة إلى التفريع الإضافي نتيجة للازدواج مع 5.5 إلى وحدات biphenyl في وقد إلى تفرع أكثر في البوليمر الناتج، هذا وقد أوضح (972) وللا المناتج، هذا عند أوضح (peroxidase) يعد مسؤولاً عن آخر خطوات اللجننة في الأخشاب.

وهذا هو الأنزيم المسؤول عن تحول كحولات الكوماريل (P-coumaryl) إلى لجنين.

المراجسي

Adler, E. 1977. Lignin Chemistry - Past, Present and Future. Wood Sci. Technol., 11, 1969-218.

Aspinal, G.O. 1973. Carbohydrate Polymers in Plant Cell Walls. In: F. Loews, (Ed.) Biogensis of Plant Cell Wall Polysaccharides. Academic Press. New York. pp. 95-115.

- Browning, BiL. 1967. Methods of Wood Chemistry, Vol. I, II, Wiley, Interscience. New York.
- Buchanan, M.A. 1963. Extraneous Components of Wood. In: B. Browning, (Ed.) The Chemistry of Wood. J. Wiley - Interscience Publishers. New York, pp. 313-368.
- Clermont, L.P. and F. Bender, 1961 Pulp and paper. Mag. Can. 62 No.1 T28.
- Colvin, J.R. 1964. The biosynthesis of cellulose. In: M. Zimmerman (Ed.) The Formation of Wood in Forest Trees. Ac. Press. pp. 189-201.
- Côté, W.A. Jr. 1965. Cellular Ultrastructure of Woody Plants. Syracuse univ. Press. New York.
- Delmer, D.P. 1980. Cellulose synthesis. CRS Hand book Serie of Biosolar Resources. Vol. 1. Basic Principles. Black, C., A. Mitsui and O. Zaborsky (Eds.), CRS. Boca Raton, Florida.
- Farmer, R.H. 1967. Chemistry in the Utilization of Wood. Pergamon Press. New York, p. 193.
- Fengel, D. and Wegener G. 1984. Wood, Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Walter de Gruyter. Berlin. p. 613.
- Freudenberg, K. 1959. Biosynthesis and Constitution of Lignin. Chem. Ber., Vol. 92. No. 9: 89-98.
- Freudenberg, K. 1968. The Constitution and Biosynthesis of Lignin. In: Freudenberg, and A. Neish, (Eds.) Constitution and Biosynthesis of Lignin. Springer - Vetlag, New York. pp. 44-122.
- Frey-Wyssling, A. 1959. Die Pflanzliche Zellwand. Springes Verlag. Berlin.
- Frey-Wyssling, A. 1964. Ultraviolet and Fluorescence Optics of Lignified Cell Walls. In: M., Zimmermann, (Ed.). The Formation of Wood in Forest Trees. Academic Press. New York.
- Glaser, W.G. 1980. Lignin, In: J.P. Casey, (Ed.) Pulp and Paper chemistry and Chemical Technology. J. Wiley - Interscience. New York. pp. 39-111.
- Harkin, J.M. and Obst J. 1972. Note on initial step in lignification. For. Prod. J. Vol. 22. No. 5.

- Hillis, W.E. 1962. Wood Extractives and Their Significance to the Pulp and Paper Industries. Academic press. New York.
- Hillis, W.E. 1972. Formation and Properties of Some Wood Extractives. Phytochem., Vol. 14 No. 4: 1007-1218.
- Hillis, W.E., Hart J. and Yazaki Y. 1974. Polyphenols of Eucalyptus Sideroxylon Wood. Phytochem., Vol. 13, 1591-1595.
- Hearle, J.W. 1963. The Fine Structure of Fibers and Crystalline Polymers. J. Appl. Polymer. Sci., 7: 1175-1192.
- Immergut, E.H. 1963. Cellulose, In: B. Browning, (Ed.). The Chemistry of Wood. Interscience. New York. pp. 103-190.
- Johansson, M. and O. Samuelson. 1977. Reducing end Groups in Birch Xylan. Wood Sc. & Tech., 11: 251-263.
- Kandeel, S.A.E., 1969. Submicroscopic Structure and Chrystullinity of Wood Cellulose. School of Forestry, Univ. of Missouri. pp. 22.
- Kandeel, S.A.E. and Kherallah I. 1979. Prediction of the Masgnitude and Variation in Extractive Content within Fast Growing Eucalyptus Using Polynomial Models. F.P.R.S. 33rd Ann. Meeting, Chemistry Session.
- Kandeel, S.A.E. 1985. Chemical and Pharmaceutical Forestry Products. *Item II*.

 2. 5. of the IX World Forestry Congress of FAO. Mexico City.
- Kandeel, S.A.E.; A. Abohassan; H. Aly and I. Kherallah. 1987. The potentiality of Using Juniperus Prolera of the South Western Foresto for Kraft Pulp production. J. Coll. Agric. KSU. Saudi Arabia 9(1), 89-98.
- Kollmann, F. and Côté W.A. 1968. Principles of Wood Science and Technology. Springer Verlag. New York. p.592
- Lang, C., Bassett, K. McGinnes E.A. and Marchessault R. 1960. Infrared spectra of crystalline polysaccharides. VII Thin Wood Sections. Tappi, (Technic. Assoc. Pulp and Paper Indust..) Vol 43. No. 12: 1017-1024.
- Lindgren, B.O. 1967. Svensk papperstid. 70: 532-536.
- Manley, R. 1963. Growth and Morphology of Single Crystals of Cellulose Triacetate. J. Polymer Sci. Part A. No.1: 1875-1892.

- Manley, R. 1965. The Molecular Morphology of Native Cellulose Pulp & Paper Res. Inst. of Canada. Vol. 5.
- Mark, R. 1967. Cell Wall Mechanics, chapt. 8. Yale University Press. U.S.A. pp. 187-211.
- Marchessault, R. and Lang C. 1962. The Infrared Spectra of Crystalline Polysaccharides VIII. Xylans. J. Polymer Sci. 59: 357-378.
- McGinnis, G. and Shafizadeh, F. 1980. Cellulose and Hemicellulose. In: J. Cascy, (Ed.) Pulp and Paper Chemical Technology. Wiley Interscience. New York, pp. 1-38.
- Meyer, K. and Misch, L. 1937. Position des Atomes dans le nouveau Modile Spatial de la Cellulose. Helv. Chim. Acta. 20, pp. 232-244.
- Muhlethaler, K. 1965. The Five Structure of the Cellulose Microfibril In: W.A. Côté. (Ed.) Cellular Ultrastructure of Woody Plants. Syracuse Univ. Press. New York. pp. 191-198.
- Nimz, H. 1974. Cited in Wood Chemistry, Ultrastructure and reactions by Fengel and Wegener. (Chap. 6.) W. de Gruyter Berlin. New York.
- Ott. E., Spurlin, H. and Graffin M. 1954. Cellulose and Cellulose Derivatives.

 Parts 1, III. 2nd ed. Wiley Interscience. New York.
- Pearl, I. 1964. Lignin chemistry, century old pwzzeł. Chem. & Eng. News. 42 No. 27, pp. 81-93.
- Preston, R. 1965. Interdisciplinary Approaches to Wood Structure. In: W. Côté. (Ed.) Cellular Ultrastructure of Woody Plants. Syracuse Univ. Press. N.Y. pp. 1-33.
- Ranby, B. 1958. The five Structure of Cellulose fibrils. In: F. Bolam. (Ed.) Fundamentals of Paper Making Fibers. pp. 55-82.
- Sakakibara, A., Miki K. and Takahashi H. 1982. Lignans, Braun's Lignin and Cell Wall Lignim. In: The Ekman Days, 1981 Int. Symp. Wood pulp. Chem. Stockholm. Vol. 1. pp. 73-80.
- Sarkanen, K. and Łudwig, C. 1971. Lignins. Wiley Interscience. New York.
- Sjostrom, E. 1980. wood Chemistry, Fundamentals and Applications. Academic Press, New York.

- Stamm, A. 1964. Wood and Cellulose Science. Roland Press. New York. p. 264.
- Timell, T. 1965. Wood and Bark Polysaccharides. In: W. Côté, (Ed.) Cellular ultrastructure of Woody Plants. Syracuse Univ. Press. New York. pp. 127-155.
- Wenzl, H. 1970. The chemical Technology of Wood. Ac. Press. New York.
- Wise, L. and John E. 1952. Wood Chemistry, Reinhold. New York. Vol. I. chap. 5, 6, 10, 11 and 12-17.
- Wise, L., Murphy M. and D'Addicco A. 1946. Chlorite Holocellulose, its Fractionation and Bearing on Summative Wood Analysis and on Studies on the Hemicellulose, *Paper Trade J*. 122 No. 2, pp. 35-43.
- Whistler, R. and Wolform M. 1945. Methods in Carbolydrate Chemistry. Vol. V. General Polysacchanides; Cellulose Preparation, chemical and Physical Analysis. Ac. Press. New York, pp. 3-189.

القصيل الرابيخ

المهوب الطبيعية والنموية والمالات الشادة في الأخشاب Natural and Growth Related Defects and Abnoermalties in Wood

- ميوب اتجاه الألياف في الأخشاب وترتيها
 الإجهادات النموية في الأخشاب المقد
 اخشية الميوب القلف والراتنج والكينو وفيرها
 خسب رد الضمال (الشمد والانضضاط)
 - العيوب التجهيزية في الأخشاب ، المراجع.

يقصد بتعبر العيوب الطبيعية والنموية والحالات الشاذة في الأخشاب تلك العيوب التي تعيق استخدام الإنتاج الشجري من الأخشاب بصورته الطبيعية، والعيوب النموية هي تلك العيوب الناشئة عن ظروف نموية بعينها تغير في صفات الأخشاب، وتجعلها غير صالحة للاستعيال، كيا أن الحالات الشاذة هي تلك الحالات والظواهر التي تشذ عن المعتاد في الإنتاج الحشبي للأشجار. هذا وتشير العيوب التجهيزية في الاخشاب إلى تلك العيوب التي تنشأ نتيجة لمعاملة الأخشاب بعد قطعها من الأشجار سواء كانت عيوب تجفيف أو تجهيز ميكانيكي للأخشاب

عيوب اتجاه الألياف في الأخشاب وثرتبيها Defected Grain Direction and Orientation in Wood

المعتاد في الإنتاج الخشبي هو الاتجاه المستقيم للألياف، وأي انحراف عن هذا يعد عيبًا حيث يقلل من متانة الخشب وإن كانت بعض نوعيات ترتيب الألياف مثل و ١٩٠ تقنيمة الأخشساب

المجمد والمموج وغيرها قد تعد مطلوبة من الناحية الجيالية في إنتاج أخشاب القشرة (انظر الجزء الثانى من المؤلف).

نوعيات ترتيب الألياف واتجاهها في الأخشاب

هناك تباين شديد في نوعية ترتيب الألياف بين الاجناس وداخل الجنس نفسه والنوع نفسه. وهناك أشكال هذه الترتيبات منها مايلي:

الترتيب المتشابك Interlocked Grain

ويقصد به ما يحدث عند نشر الأشجار التي بها ترتيب منعكس ملتف الألياف مما ينشأ عنه انعكاس هذا على القطاع الطولي بالأخشاب عند نشر الألواح فتظهر في قطاعها المهاسى كأنها مخططة طوليًا.

وهذا مثل ما يحدث في الماهوجني، وهذا النوع من الترتيب يزيد مقاومة الانفصال الفطري، ويُغفض كلاً من مقاومة الانحياز بالثني، والصلابة (Weddell. 1961) وهذا النوع من الترتيب واقع في الأخشاب الاستوائية مثل الماهوجني الأفريقي (Khaya) والماهوجني الأمريكي (Swietenia macrophylla) وبعض أخشاب المنطقة المعتدلة مثل السيكامور أو الدلب (Platanus occidentalis) والألم الأمريكي (Pashin and de Zeeuw, 1980) (americana).

الترتيب الحلزون Spiral Grain

ويقصد بذلك الترتيب الحلزوني للألياف داخل السيقان الشجرية مما يعطي شكلاً معصورًا وأو ملتفًا من الخارج، وهذه صفة وراثية داخل بعض الاجناس كها نلاحظ الكازورينا (.Casuarina sp.) ، ويرافق هذا تشفقات باتجاه حلزوني على الساق من الخارج خلال القلف، وقد يكون هذا الترتيب غتلطًا مع الترتيب المتشابك في الساق نفسه، ويظهر هذا في بعض أجناس المخروطيات والصالدات على حد سواء، وفي المخروطيات يلاحظ وجود حلزوني يساري قرب النخاع تزيد زاوية انحداره مع الاتجاه

للقلف في منطقة الخشب الحديث، ثم يعقب هذا انخفاض في زاوية الميل للحلزون كليا قربت الحلقات النصوية في القلف مع انعكاس في الحلزون ليصبح بمينياً في التفاف، يزيد من انحداره مرة أخرى مع زيادة العمر (Woodfin, 1969)، هذا ويذكر بعض المراجع أن الحلزون اليساري يلتف أكثر مع تغير الرطوبة عن الحلزون اليميني بعض المراجع أن الحلزون المحافظة (Panshin and de Zeeuw, (1980))، هذا ويذكر (Jowery and Erickson, 1967) الحلزون في الصالدات عكس النمط المذكور آنفاً في المخروطيات، وقد أرجع ظهور المناط من ترتيب الألياف الحلزوني في الصالدات والمخروطيات إلى كيفية الانقسامات الكاميومية خلال تكشف النسيج الخشبي، وانحراف البوادي، المنزيفورمية من خلال انقسامات عرضية كاذبة مع فقد بعض الحلايا ثم النمو القمي للحلايا إلا أن هناك نظرية أخرى تشير إلى النمو غير المتساوي للبواديء الفيزيفورمية الجديدة (Harris, 1973).

هذا ويمد ذلك العيب في الأخشاب مها لخفضه قيمتها الإنشائية فيسبب خفض متانتها وإحداث خشونة في السطح عند إنتاج ألواح أو قشرة.

الترتيب المتقاطع والمائل للألياف Cross and Diagonal Grain

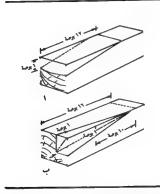
في هذه الحالة ينحرف اتجاه الألياف في ترتيبها ليصبح متقاطعًا مع اتجاه محور الحلابا الخشبية نفسها، وقد يكون هذا ناشئًا عن انحرافات في الترتيب مثل الترتيب الحلزوني، أو عن عبوب في تكوين الساق الشجري، أو قد يعزى إلى ظهور عقد في الساق تغير من اتجاه الألياف حولها، هذا وقد تكون طريقة نشر الألواح مؤدية إلى هذه الانحرافات في تكوين الألياف بالساق، وهذا العيب يخفض من القيمة العامة للأخشاب نتيجة لحفضه لمتانتها.

أما الترتيب الماثل (diagonal) فهو بجدث عندما يتم نشر الألواح بحيث يكون اتجاه المنشار موازيًا للنخاع، ثم يجدث أن يتقاطع سطح الألواح مع اتجاه الألياف وإن كان الترتيب الماثل للألياف قد يتشأ داخل الساق من خلال حدوث نوع crook بها ولتجنب هذا العيب يجري النشر موازيًا للقلف في الجذوع.

قياس وتحديد مدى ميل اتجاه الألياف

في الواقع أن هذا يمكن أن يلاحظ بالطرق العامة من تتبع التشققات في السطح الخارجي للجذوع أو الألواح أو مجرد وفلق الألواح وملاحظة سطح الانشقاق الناتج. هذا ويقاس مدى ميل أو التفاف الألياف بالطرق القياسية عن طريق الانحراف الكلي في وحدة الأطوال بالألواح المنشورة (شكل ٣٩)، ويلاحظ من الشكلين الموضحين أنه في الصورة العليا يكون الانحراف 1 في كل ١٧ وحدة، أما في الشكل الأسفل فإن الانحراف في هذه الحالة سيكون في أحد السطحين ١ في كل ١٦ وحدة، والثاني واحد في كل عشر وحدات طولية والانحراف يصبح على السطحين=

$$\sqrt{\left(\frac{1}{r!}\right)^{7}\left(\frac{1}{r!}\right)^{7}} = \frac{1}{0.16}$$



شكل ٣٩. يوضح ترتيب الألياف الماثلي (عن Zeesw, 1900).

الإجهادات النموية في الأخشاب Growth Stresses in Wood

قد يصح القول بتسمية هذا العنوان الإجهادات النموية للأشجار. وإن كان المقصود هنا أن نذكر تلك العيوب الناشئة عن مشكلات نموية تم بها الأشجار، وهي عمومًا عيوب تنشأ عن نمو وتكشف عاديين بالأنسجة الخشبية في أشجار تتعرض لإجهادات معينة قد تسبب فيها التشققات والقلب المتصل وانهيارات الانضغاط. وهذه يترتب عليها عيوب في الأخشاب المنسورة الناتجة عن جذوع الأشجار. هذا ومن الممكن تجنب بعض عيوب إجهادات النمو بطرق الإسقاط كيا في تجارب (1973) Nicholson. (1973) في الكافور حيث إن نقص النمو الإضافي في الموسم السابق للإسقاط يؤدي إلى استرخاء الإجهادات النموية بالأشجار بمقادار حوالي ٧٠٪ إلا أن هذا قد لا ينجح مع كل الأصناف، وينصح الباحث نفسه باستخدام ضواغط من الصلب عند المناطق التي سيتم فيها إحداث أول قطع للإسقاط في الساق. كيا أنه يذكر أن تخزين الجذوع تحت رذاذ من الماء يقلل من إجهادات النمو وقد لاحظ أن ذلك إذا طبق لمدة حوالي العام في جذوع الكافور فإنه يخفض مستوى الإجهادات بحوالى ٢٠٠٪.

أسباب إجهادات النمو

من المعتقد أن إجهادات النمو تنشأ من ترسيب اللجنين وبوادئه في الجدار الحلوي الشانوي في مراحل نضح الألياف (Boyd, 1972). حيث إن هذا الترسيب لبواديء اللجنين وبلمرتها بحدث تقلصًا في طول الألياف، وتمددًا في عرضها، وهذا الإنكياش في المطولة المطولة السبح الخشبي المحيطي داخل الجذع. وبالتالي فإن كل حلقة نموية سنوية تضاف إلى النسج الخشبي تضيف إلى جهد الشد الطولي داخل القلف وتحدث انضغاطات في الأنسجة السابقة لها في مركز الساق محدثة بهذا إجهادات انضغاطية ناصحة النامو القطري وهذا يؤكد الملاحظات التي لاحظها ,Boyd فوجد أن الألواح المنشورة من داخل مركز الساق تتمدد في الطول بعد النشر مباشرة في حين أن الألواح المآخوذة من الأسطوانة الخارجية للساق تتكمش طوليًا بمجود قطعها من الجذع ، وقد أوضح هذا بحسابات نظرية ظهر منها أن الاجهادات الطولية

١٠٠٠ رطل/ بوصة اللي ٣٠٠٠ رطل/ بوصة في جذوع الكافور التي يصل قطرها حوالي ٢٤ بوصة . في حين أن إجهادات النمو قرب مركز الساق كانت إجهادات النمغاط وقدرت بحوالي ٣٠٠٠ رطل/ بوصة في جذوع الكافور نوع Eucalyptus regnans . وقد وجد أن إجهادات النمو في صالدات الأخشاب أعلى منها في المخروطيات (Boyd, 1950) .

أما بالنسبة لإجهادات النمو العمودية على اتجاه الآلياف فهي تنشأ بالتالي نتيجة لتولد إجهادات النمو الطولية وتبعًا لنسبة بواسون المعروفة، وبالتالي فإن الجزء الخارجي من المساق يتعرض لإجهادات نمو انضغاطية في حين أن الجزء الداخلي يتعرض لإجهادات نمو من نوع الشد، وقد أظهر (1950) Boyd. حسابيًا أن هذه الإجهادات النموية ناشئة عن مجرد ظروف النمو الطبيعية بالأشجار، وهي تختلف من جنس إلى أن إجهادات النمو الناشئة عن مؤثرات خارجية مثل فعل الرياح تؤدي إلى ظهور عيوب أخرى مثل خشب رد الفعل الذي سيرد ذكره فيا بعد.

أنواع إجهادات النمسو .

الانهيارات الانضغاطية Compression Failures

نلاحظ أن استمرار إجهادات الانضخاط الطولية في الجذوع الضخمة تحدث تكوين انهيارات ميكروسكوبية عمودية على انجاه الألياف، هذه الانهيارات تتجمع في مستويات عمودية مع أنجاه الألياف بدرجة ختلفة، وتصنع زاوية حوالي ٥٥ درجة مع عور الخلايا، ومن الناحية التشريحية فإنها تمتد داخل جدر الخلايا نفسها محدثة مناطق ضعيفة في الشد في هذه الجدر، وإن كان مقدارها قليلاً من الناحية الكمية إلا أنها تظهر واضحة في الشحص الميكروسكوبي، وهي تظهر في الصالدات والمخروطيات، ومن الواضح أن الاختساب المحتوية على القلب المتصلب كها هو في الكافور تظهر بها هذه المصفة، وتكون ضعيفة في المتانة بمقدار الصفة، وتكون ضعيفة في المتانة بمقدار الشك تقريبًا (Skolmen, 1964)، وقد لوحظ هذا بواسطة الباحث السابق نفسه في

الكافور من نوعي robusta, regnans لذلك في بعض الأجناس مثل اللون الأحر (جنس shorea) في الـفـلبــين وفي جنس الــزان (.Fagus sp) وقــد أورد هذا الــبــاحث Chow. 1946 .

هذا وقد أرجع بعض الباحثين ظهور هذه الانبيارات الانضغطاية في أحشاب الأشجار القائمة إلى عوامل خارجية، مثل الرياح والثلج المتساقط بغزارة، وقد أظهر هذا في حساباته (Boyd, 1950). وعمومًا فإن هذه الانهيارات الانضغاطية برغم تأثيرها الضار على قوة الثني في الأخشاب إلا أنها في بعض الأحيان غير واضحة للعين المجردة.

التشقيقات Shakes

هذه التشققات قد تكون من النوع الحلقي، أو من النوع القطري وهي عبارة عن انفصالات طولية بين الحلايا الخشبية، وقد تحدث بصورة حلقية في الأشجار قبل إسقاطها، وهي تظهر في الصالدات مثل الجوز الأمريكي والسنديان والمخروطيات مثل الدوجلاس فير وقد أظهر الباحثان (Khandecl and McGinnes, 1970) خلال دراسة بالميكروسكوب الأليكروي لطبيعة مناطق الانفصال والتشقق الحلقي أن الإنهيارات الحلقية في صالدات الأخشاب يكون فيها الانفصال في معظم الأحيان بين الجدر الحلوية، وليس عبرها، وقد أرجع الباحثان بدء حلوثها إلى إصابات في منطقة الكامبيوم خلال تكشف الحلايا بالإضافة إلى تغير في نموط التركيب الكيميائي للصفيحة الوسطى في هذه الأحوال خلال تكشف النسيج الحشيي، وارتباط هذا بحافز هرموني ينتج عنه كوين نوع من خشب رد الفعل مرافقًا للتشقق الحلقي في السنديان.

العقد الخشيبة Wood Knots

إن المظهر الذي نسميه عقدة داخل اللوح الخشي المنشور ما هو إلا نتيجة وجود رع مغمور داخل النسيع الخشيي وعند عمل قطاع طولي (وهو اللوح المنشور) في هذه لمنطقة. وتظهر العقد من خلال اتصالها بالنسيج الخشي، فهي قطاع عرضي في لفرع، هذا القطاع العرضي مغمور داخل قطاع طولي للماق تركيب الفرع نفسه يطابق تركيب الساق من حيث إنه يتكون من حلقات نموية سنوية ، هذا وهناك أنواع ختلفة من العقد ، فهناك العقد المحاطة بالنسيج الخشبي ، وهناك العقد المتداخلة مع الألياف ، وهناك العقد المتكونة بسبب آثار باقية لفروع تمت إزائتها خلال عمليات التقليم الطبيعي ، أو الصناعي للأخشاب ، وتسمى هذه العقد في هذه الحالة عقدًا مهازية (Spike) وتكون عادة من النوع المتداخل في النمو، حيث إن النسيج الخشبي حوالها يتعمل بها، هذا ومع موت الفرع في أنواع العقد الكبيرة تتكون العقد المحتواة (encased) . وهي ببساطة ليست إلا سدادة لمنطقة تتحول مع الوقت إلى ثقب، حيث تصبح من النوع الساتب (oso) ، ويمكن تقسيم العقد حسب الحجم والشكل والنوعية والوفرة ، وأخطرها المقد السائبة غير المتصلة بالتسيج المحيط بها ، وهذه تؤثر بشدة على معامل الكبر ، ومعامل المرونة ، وتخفض بشدة مقاومة الصدم ، وتأثيرها على الانضغاط الموازي للألياف قليل ، وأيضًا على القص الأفقي إلا أننا نذكر أن موقعها في منطقة الجزء المعرض للشد من الكمرات الخشبية خاصة في وسطها يعد من أخطر المواقع لأنواع هذه العقد ، حيث تخفض قوة تحمل الكمرات الخشبية بدرجة شديدة شديدة المواقع). (Wangaard, 1950) .

جيوب القلف والراتنج والكينو وغيرها Bark, Kino and Resin Pockets

في المعتاد نلاحظ أن هناك إصابات في منطقة الكامبيوم تؤدي إلى موت بعض الأنسجة، ثم تعاود بقية الأنسجة النمو محيطة بالمنطقة الميتة ومثل هذه الحالات تشابه حالات الجروح في منطقة الكامبيوم، أو اللحاء مما يؤدي في الغالب إلى وجود قطع من القلف مرقدة في أنسجة الخشب المتكشف للنسيج الأصلي المصاب أو الميت النتج عن إصابات من الطيور الثاقبة الماصة للعصارة، أو من أنفاق بعض يرقات الحشرات التي تصيب الأشجار في منطقة القلف، وجدا تتكون هذه الأنسجة من القلف، وتصبح بمرور الوقت وتكشف الحشب راقدة فيه، وقد تحتوي مثل هذه الحبوب على إفرازات راتنجية بجانب أنسجة القلف داخلها.

جيوب الراتنج والكينو Resin and Kino Pockets

تتواجد جيوب الراتنج في المخروطيات المحتوية على قنوات راتنجية مثل أخشاب الصنوبريات والدوجلاس فير والسبروس واللارش، وتظهر جيوب الراتنج والإفرازات الراتنجية نتيجة لزيادة هذه الإفرازات في الأخشاب المخروطية وتجمعها داخل الأنسجة الحشبية بكميات متزايدة، حيث تسد الفجوات المصارية بالحلايا الحشبية وتغمر الجدار الخلوي تمامًا، وتسرب العديد من الحلايا الخشبية المجاورة، وقد تنشأ نتيجة إصابات وجروح أيضًا بالأنسجة الخشبية، وعادة ما تكون جيوب الراتنج في حلقة سنوية واحدة، أي لا تمتد إكثر من حلقة نموية، هذا ونتيجة لطبيعة تكوين وتكشف هذه الجيوب الراتنجية، وهى عمومًا تخليقات ما بعد كامبيومية.

أما جيوب الكينو فهي جيوب صمغية توجد في أخشاب الكافور أساسًا، وتشابه الجيوب الراتنجية من حيث طبيعة الخلايا المبطنة لها، وتحتوي على مستخلصات خشبية مفرزة منها من مجاميع التانينات المختلفة، ولها مشكلاتها في تصنيع وإنتاج لب الورق من أخشاب الكافور.

المشاشية بالأخشاب Brashness

هذه الحالة عبارة عن عيوب طبيعية في الأخشاب تؤدي إلى أن يصبح الخشب هشًا قليل المتانة ويمكن كسره على درجات منخفضة من القوة ويعطي عند الكسر سطحًا شبه أملس غير متشظ مثل سطوح الكسر المعتادة في الأخشاب، وعادة ما يكون الحشب الذي به هذه الصفة قليل الكثافة إذا ما قورن بالجنس والنوع نفسها وهناك أسباب عدة تؤدي إلى هشاشية الحشب المتأثرة بالساق ومنها نقص المثل النوعي للخشب (أحد الأسباب التي تقلل المتانة)، وانخفاض نسبة السليولوز (مثل خشب الانضغاط في المخروطيات)، كما أن انخفاض نسبة السليولوز لأي سبب خارجي أو تكويني يؤدي إلى ظهور حالة الهشاشية في الأخشاب.

إصابات الصقيع والصواعق Frost and Lightining Injuries

هنىك عبوب تظهر في الأخشاب المعرضة للصقيع الزائد ونذكر منها تشققات الصقيع وهذه تظهر كانفلاقات قطرية قرب قاعدة الساق في الأشجار وعادة ما يغطيها نسيج كالس في حلقات النمو التالية لتكوينها، وإن كان هذا التكوين التالي ضعيفًا، وعادة ما يكون ملحوظًا في صالدات الأخشاب بالأشجار المسنة، وعادة ما يظل الشق القطري قابلًا للانفلاق مع كل شتاء بعد حدوثه.

أما حلفات الصقيع فتظهر كحلفات قائمة اللون موازية لنهايات حلقات النمو السبوية وهي ناتجة عن إصابات بالصقيع لمناطق الكامبيوم خلال مراحل تكشفها.

هذا وهناك نظريات غتلفة تشرح تكون إصابات الصفيع، وبصورة عامة يمكن القول إن التوصيل الردي، للحوارة بالأخشاب يجعل الجزء الخارجي للساق المعرض للصقيع الشديد باردًا بدرجة كبيرة، وبالتالي يتقلص قبل أن يصل القلب في الساق إلى درجة التقلص نفسها محدثًا بهذا تباينًا في التقلص بين خارج الساق وداخله وهذه الانكهاشات المتباينة تسبب إجهادات شد في الجزء المحيط بالساق، وتسبب التشققات القطوية الناشئة عن الصفيع، كما أن التأثر المبكانيكي لفعل الرياح على الساق القريب من درجة التجمد له تأثير في إحداث تشققات الصقيع وإصاباته.

أما إصابات الصواعق فهي ملحوظة في عديد من الأخشاب وتسبب إصابات بطول الساق في مناطق الغابات عند الإصابة بالصواعق، ونظل أماكن الإصابة واضحة حتى بعد تكشف أنسجة جديدة بعد موسم الإصابة (Morey, 1973).

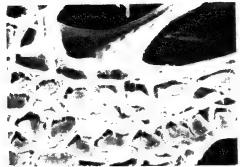
خشب رد الفعل (الشد والانضفاط) Reaction Wood (Teasion & Compression)

يتكون هذا النوع من النسيج الخشبي في الأشجار التي تمر بظروف نموية تختلف عن الـظروف النموية الـطبيعية من حيث الاستقامة فهو يتكون في الأشجار الماثلة والفروع المعوجة، ونتيجة لعملية الميل أو الاعوجاج يتكون هناك هذا النسيج الناتج عن زيادة في النمو القطري، إما في الجانب الأعلى وإما في الجانب الأسفل من الساق وإما في الفرع حسب ما إذا كانت الأشجار من معراة البذور أو من مغطاة البذور، ومثل هذا النمو يعزى إلى محاولة الساق استعادة اتزانها النموي المعتاد، ولتصحيح وضع الميل فإن الشجرة تكون هذا النسيج الذي ينشأ عند حلقات نموية إهليجية الشكل غير مركزية وتكون طبيعة الخلايا في النسيج المتكون غتلفة عن الأنسجة الطبيعية، ويعزى تكوين هذا النسيج لرد الفعل وخلاياه إلى حافز هرموني (Timell, 1973).

وخشب رد الفعل في المخروطيات يوجد عادة في الجزء الأسفل من الساق أو الفرع المائل، في حين أن خشب رد الفعل في صالدات الأخشاب يوجد في الجزء الأعلى من الأفرع أو السيقان المائلة. هذا وقد ترجد أنسجة خشب رد الفعل مبعثرة بطول الساق في بعض الأحوال كما في جنس الحور (Arganbright and Bensend, 1969).

خشب الشيد Tension Wood

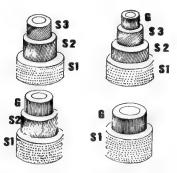
يلاحظ أن صالدات الأخشاب عند تكوينها لخشب رد الفعل فإنه عادة ما يتكون النسيج الشاد في الجزء الأعلى من الساق الماثل، أو الفرع الماثل، وهي مناطق من الناحية الميكانيكية معرضة للشد ولهذا فإنه يسمى خشب الشد، هذا ويلاحظ أن خشب الشد لا يوجد في كل الأجناس وإن كانت تظهر في بعض الاجناس بصورة مغايرة في داخل الساق نفسه منتشرة أو داخل الحلقة السنوية نفسها (1961 (Berlyn, 1961)) وقد يوجد في بعض السيقان شبه القائمة في الأشجار سريعة النمو صغيرة المعر من جنس الحور، ويتميز خشب الشد بوجود تكوينات في الحشب المبكر، كما أنه في مساحاته الكبرة بعرض الساق يعطي لونًا ماثلاً إلى البياض عن بقية النسيج الخشبي وسطحًا أشعت، وبريًا خشئا ((fuzzy) خاصة إذا تم النشر وهو أخضر، ومن الناحية التشريحية فإن نسبة الألياف حجميًا للأوعية تكون عالية، وتكون أقطار الألوعية أصغر، هذا وخشب الشد تتميز أليانه بوجود طبقة جيلاتينية إضافية تبطن الجدار الثاني تسمى celatinous layer ، ويلاحظ أن الطبقة الجيلاتينية من الجدار الحلوي موازية لمحبور الخلية، وعادة ما تتزع وقتد خارج الجدار، كذلك فإنها عند القطع قد توجد مزاحة في أحد أركان الخلايا (أشكال و 2 الا 2 13)،أما من الناحية القطعة قد توجد مزاحة في أحد أركان الخلايا (أشكال و 2 18 2 18)،أما من الناحية



شكل ٤٠. قطاع عرضي في خشب الشد في هجين من الحسور Populus (hybrid) كما يظهر باليكروسكوب الألبكتروني الماسح ويبدو فيه الجدار الجيلاتيني في أحد الأركان (٠٠٠٪)



شكل ٤١. قطاع عرضي في الحور كما يبدو بالميكروسكوب الالبكتروني الماسع وقد تمزق الجدار الجيلاتيني وانزلق محارج الألياف مثل اللسان المتدلي (١٩٦٠٠×)



شكل ٤٢. تخطيط لطبقات الجدار الثانوية في خشب الشد موضح بها زوايا الميكروفبرلات

التركيبية فإن خشب الشد يحتوي على سليلوز أعلى نتيجة لوجود الألياف الجيلاتينية بجدارها الجيلاتيني المكون أساسًا من سيليلوز، كها أن المحتوي اللجنيني لحشب الشد أقل من المعتاد في الصالدات كذلك نسبة الزيلوز (xylose) أقل وكميات السكريات المخزونة أقل عنها في الأخشاب العادية. هذا ويلاحظ في معظم الأحوال من تكوين خشب الشد أن الجدار الجيلاتيني المبطن للألياف ليس في حقيقته جيلاتينيا كتسميته بل إنه يتكون من ٩٨/ سيليلوز شدي البللورية، والميكروفيرلات السليلوزية فيه تتجه موازية لمحور الخلية، وهي السبب في ارتفاع المحتوى السليلوزي للأنسجة المكونة خشب الشد وإن كنا نذكر في بعض الأحوال الشاذة في بعض الأجناس أنه يغلب الجدار الجلاتيني من حيث الشد، وإن كانت صفة انخفاض عنوى النسيج من المجنيني تفل ملازمة لهذه الأنسجة من خشب الشد، هذا ونلاحظ أن خشب الشد قد يغب منه الجدار الثانوية الثاني (شكل ٤٣)، وعمومًا لي يلاحظ أن انخفاض حجم الأوعية في خشب الشد بالإضافة إلى الجدر الخلوية للألياف يلاحظ أن انخفاض حجم الأوعية في خشب الشد فسيولوجيًا يلاحظ فيه قد تؤدي إلى زيادة الثقل النوعي . هذا ويرجع ظهور خشب الشد فسيولوجيًا المغلوبة للألياف

١٧٧ منيـه الاخش



شكل ٤٣. قطاع عرضي بيين قصيبات خشب الانضغاط في المخروطيات (عن ﴿ Kollmann &) مَا اللهُ (عَلَى اللهُ المُعَالِمِ

إلى نقص في هرمون الأوكسين في مناطق الشد بالسيقان (Leach and Wareing. 1967) ، كها أن إضافة مضاد الأوكسين تراي أيودو بنزويك آسيد إلى المناطق العليا من السيقان الماثلة والمنينة ثبط من تكوين خشب الشد فيها (Hughes, 1964).

خشب الانضغاط Compression Wood

في المخروطيات يتكون في السيقان الماثلة والأفرع الماثلة نوع من خشب رد الفعل يكون في الجزء الأسفل من الساق الماثل، وهو المنطقة المعرضة للانضغاط، هذا الحشب بلونه الضارب إلى الحمرة بقتامة يتكون عادة في منطقة الخشب المتاخر، أو نهاية الحلقات المسنوية، ويكون فيه الانتقال بين خشب الربيع وخشب الصيف انتقالاً فجائياً إذا كان الجنس يكون أصلاً انتقالاً تدريجيًا والمكس بالمكس صحيح. ومن الناحية التشريحية فإن اليافه تكون شبه مستديرة مع مسافات بيثية كبيرة بين الألياف (أشكال ، ٤ و الا و و ٤ و ٣٤) ويلاحظ أن أيضًا من الناحية التشريحية قلة كمية النقر، كها أن الجدار الثانوي الثالث يختفي في خلايا هذا النسيج، ويكون الجدار الثانوي الأول أسمك مع احتواء المحدار الشانوي الثان يعلى من منافعة المحدار الشانوي الذا هذا النسيج، ويكون الجدار الثانوي الأول أسمك مع احتواء المحدار وقد يوجد الجدار المثانل مبطنًا للألياف، ويلاحظ أن هذا النسيج من الناحية

التركيبية شديد اللجنين من حوالي ٣٥٪ بغين أعلى في الجدار الخلوي (فيها عدا الصفيحة الوسطى التي يقل بها اللجنين في هذا الخشب) واللجنين في هذا النسيج يكون كثير التكثف والسليلوز أقل، ونسبة الجالاكتوجلوكومانان أقل في حين الجالاكتان أعلى في الحشب العادي مع زيادة نسبة المستخلصات في بعض الأجناس. ويلاحظ أن انكياشه الطولي عالم بدرجة كبيرة، وقدرته على الاحتفاظ بالماء منخفضة، أما بالنسبة للخواص الميكانيكية، فهي فيها عدا الصلاحة أقل من المعتاد، وسطح الكسر فيه يكون لمخذا (brashness) هذا وقد يوجد خشب الانضغاط في الأخشاب القائمة، خاصة في المناطق التي تكون أسفل الأفرع، كما يوجد أحياناً قرب النخاع في الساق، كما أنه يوجد في الأشجار المخروطية الصغيرة سريعة النمو، أو في الأشجار المخروطية الصغيرة سريعة النمو، أو في الأشجار الأكبر عمرًا بعد إجراء عملية خف شديدة في الغابات الكثيغة ويرجع ذلك إلى زيادة تركيز هرمون الأوكسين في المناطق السفلية المعرضة للضغط في السيقان المثنية (160 (Low, 1964, Larson, 1969).

والجدول التالي (جدول ٩) يوضح الصفات الميزة والعامة لخشب الشد وخشب الانضغاط.

جدول ٩. عيزات نوص خشب رد الفعل من الأشجار.

عشب الانضغاط	خشب الشد	الصفة
يوجد في المخروطيات	يوجد في صائدات الأخشاب	۱_ الجنس الشجري
تكوين الحلقات السنوية غير مركزي ويتكون في الجزء الأسفل	تكوين الحلقات السنوية غير مركزي ويتكون في الجزء الأعلى من الساق الماثل	٧_ المكان
لون مطفي غير لامع ضارب إلى الحمرة	أبيض أو فضي لامع في الخشب المنشور	٣۔ اللون
وأكثر قتامًا من المعتآد	الجاف قاتم قُليـل آلاستوائية، وفي حالة الخشب المنشور وهو أخضر يكون له صطح ويري.	والظهر

تابع جدول ۹ .

خشب الأنضغاط	خشب الشد	الصفة
_ الانكهاش الطولي مرتفع القمة وقد	_ الانكماش الطولي عال، وقد	٤_ الصفات
يصل إلى ٧٪ .	<u>يصل إلى ١٪.</u>	الفيزيفية
_ الكثافة عالية بدرجة ملحوظة .	الكثافة مرتفعة نوعًا	والميكانيكية
معامل المرونة وقوة الصدم والشد	_ عال ٍ في الشد إذا كان جافًا ومنخفضًا	
منخفضة بالمقارنة بالكثافة .	إذاكان أخضر	
القصيبات مستديرة، وتوجد مسافات	توجد الألياف الجيلاتينية في معظم	هـ الصفات
بينية بين الخلايا، ونمط الانتقال ما بين	الأحيان وينخفض حجم الأوعية وعددها	التشريحية
خشب الربيع وخشب الصيف معاكس	كبا توجد تشققات وانهيارات انضغاطية	
لما هو في الوضّع الطبيعي كها يوجد	في جدر الخلايا، وقد يغيب أحد طبقات	
تشققات حلزونية موازية	الجدار الثانوي، بل قد تختفي جميعًا ما	
للميكروفبرلات موازية للجدار الثاني.	عدا الطبقة الثانوية الأولى وتوجد معها الطبقة الجيلاتينية .	
قد يغيب الجدار الثانوي الثالث في حين	الجدار الثانوي الأول أرقُ من المعتاد	٦ ـ التركيب
أن الجدار الثانوي الأول يكون أسمك	واتجاه الميكروفبرلات في الجدار الجيلاتيني	فسوق
مع وجود تشققات واضحة في الجدار	مواز لمحور الخلية .	الدقيق
التانوي ووجود الميكروفبرلات بزاوية	,	
20 درجة مع وجود نتؤات سليلوزية .		
النسيج شديد اللجننة يحوي حوالي	النسيج يحتوي على نسبة أعلى من	٧_ التركيب
٣٠٪ لجنين أكثر من الخشب العادي	السليلوز، ونسبة أقل من اللجنين	الكيمياتي
إلا أن الصفحة الوسطى محتوها اللجنيني	والزيلوزعن الخشب العادي والجدار	•
أقل، واللجنين نفسه مكثف بصورة	الخلوي الثانوي باستثناء الجدار	
كبيرة عن الخشب العادي، والمحتوى	الجيلاتيني ملجننة بصورة عادية .	
السليولوزي أقل حوالي ٢٥٪ من	كمية السكريات المخزنة أقل من الخشب	
الخشب العادي ويوجد	العادي، وكذلك كمية النشأ تكون أقل	
الجالاكتوجلوكومانان بصورة أقل من	ايــفًا.	
الخشب العادي في حين أن الكالاكتان		
أعلى من الحشب العادي، وقد توجد		
المستخلصات بصورة عالية في بعض		
الأجناس.		

العيوب التجهيزية في الأخشات Wood Processing Defects

إن العيوب التجهيزية للأخشاب يشار بها إلى تلك العيوب التي تتكون نتيجة لمعاملة الأخشاب بعد قطعها من الأشجار من تجفيف ونشر وتجهيز صناعي. وهذه المجموعة من العيوب يمكن تلافيها، أو تقليل تأثيرها، والتحكم فيها باتباع الطرق التكنولوجية الملائمة في كل حالة من الأحوال.

عيسوب التجفيش Seasoning Defects

هذه العيوب تنشأ من خلال عملية التجفيف، ويجب أخذها في الاعتبار وتجبنها عند وضع جداول التجفيف المعروفة للأفران الخاصة بهذه العمليات. هذا والعيوب التي تحدث خلال عملية التجفيف تقع ضمن ثلاثة أنواع: عبوب متعلقة بالانكهاش. وعيوب متعلقة بالإصابات الفطرية. وعيوب متعلقة بالتركيب الكيميائي الطبيعي للأخشاب. ونرجيء هنا الحديث عن الإصابات الفطرية، وتحمل الأخشاب البيولوجي حيث يأتى هذا تحت عنوان منفصل في الباب التالى (الباب الخامس).

عيوب التجفيف المتعلقة بالانكهاشات

الواقع أن عديدًا من العيوب ترتبط بانكهاشات الخشب مع التجفيف، وتحكمها القوانين العامة المتحكمة في علاقة الأخشاب بالسوائل، وإن كنا هنا نركز على العيوب التي تتصل بالخشب عند جفافه، والتجفيف بالأفران قد يعدل بحيث يتلافى العديد من العيوب التي تظهر نتيجة للتجفيف، وهذه العيوب نذكرها فيها يلى:

التشقق قات السطحية: هي عبارة عن انهيارات تحدث في الأخشاب المنشورة عاسيًا على أسطحها، وقد تأخذ مسار اتجاهات القنوات الصمغية مثلًا عند توازيها مع السطح المنشور، وهذه الانهيارات تحدث في المراحل الأولى لعمليات التجفيف، وقد تستمر فيها بعد، وترجع إلى الجفاف السريع للسطح الخشبي لوجوده في وسط في رطوبة نسبية منخفضة خاصة إذا ما كان سمك الألواح كبيرًا، وقد يجدث أن يتم غلق هذه التخفيف وإن كانت تؤثر على جودة الأخشاب خاصة عند

صناعة الأثاث حيث تفتح هذه التشققات فيها بعد نتيجة للاستعمال، خاصة إذا تم هذا مع تغير ونباين في الظروف الجوية المحيطة بالأخشاب خلال استعمالها.

هذا ويلاحظ أن تكون التشققات السطحية خلال التجفيف الهوائي لا يحل مشكلة إعادة الأخشاب وابتلالها. حيث إن مثل هذه المعاملة قد تعيق تمامًا وتطيل من عملية التجفيف.

تشقسق العهايات: مثل التشققات السطحية من حيث حدوثها خاصة في الأخشاب المنشورة السميكة وهي عادة ما تأخذ مستوى الأشعة الخشبية واتجاهها، ويمكن تقليل خطرها، وتجنبها مثل التشققات السطحية باستخدام رطوبة نسبية مرتفعة في مراحل التجفيف الأولية. ولهذا ينصح عادة بتغطية نهايات القطاعات الخشبية السميكة بشمع البرافين والمنصهر مثلاً وغيره من المعالجات على أن يستخدم هذا خلال كون الخشب أخضر، هذا وامتداد التشققات من النهايات يؤدي إلى حدوث انفلاق بالنهايات. وقد يمالج هذا باستخدام بعض الكلابات من الصلب لتقليل هذه الانفلاقات.

تداعى النسيج الخشي وانهياره: إن انهيار النسيج الخشبي عبارة عن عيب نائين الانكياشات خلال التجفيف يتم فيه تحطيم الجدر الخلوية. وفي حالة شدته يظهر كيا لو كان القطاع الخشي متعرجًا، ويحلث عندما تزيد إجهادات التجفيف الانضغاطية عن قوة مقاومة الانضغاط بالجدر الخلوية فتهار هذه الجدر، ويحدث عادة في مراحل التجفيف الأولي في حالة الخشب الأخضر، وأحد مسبباته قوى الجذب السطحي للماء الحر المتحرف في الفجوات الخلوية بالجدر. وفي هذه الحالة فقد يحدث الانهيار فقط داخل الحشب، ولا يظهر على النسيج من الخارج إلا أنه يؤثر تأثيرًا شديدًا على المتانة فيخفضها بشكل كبير. ويعد هذا العيب من أخطر العيوب، وهو يظهر في بعض الأجناس الخشبية دون غيرها، ويمكن تجنبه في هذه الأجناس إذا

ابهسار عش النحل: يحدث هذا النوع من العيوب في شكل انهبارات تفتح القطاع الموازي للأشعة، وسببها انهبارات في الشد العمودي على اتجاه الألياف وتنتج عن استخدام درجات حرارة مرتفعة في التجفيف بالأفران لفترات طويلة مع الأخشاب ذات المحتوى الرطوبي العالي. ويمكن تجنبها بتجنب ظروف التجفيف حتى يفقد الخشب الماء الحر تماثما. ومثل هذا العيب يحدث تلفًا كبراً بالاخشاب خاصة أنه بحدث في داخل الحشب المنشور، وقد يختفي ولا يظهر إلا عند تجهيزه ميكانيكيا فيها بعد. وعمومًا فإن هذا العيب عادة ما يرافق عيب الأنهبار والتداعى السابق.

تشقيقات القليب Boxed-Heart Split

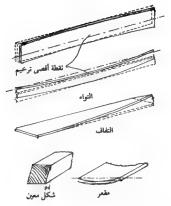
مشل هذه الانفلاقات تحدث في مراحل النجفيف الأولى وتزيد بزيادة تجفيف لخشب فتكون انفلاتًا رئيسيًا يمر بقلب القطع الخشبية، وعادة ما تنشأ نتيجة للتباين لانكياشي القطري والماسي في المنطقة المحيطة بالنخاع الخشبي .

الانهيارات الحلقية Ring Failures

تحدث هذه الانهيارات موازية للحلقات السنوية ، أو عبرها وهي تشابه لتشققات الحلقية التي تحدث في الأشجار خلال نموها . وفي هذه الحالة فإن الانهيارات لحلقية تحدث عبر عدة حلقات سنوية مارة بمناطق الأشعة من حلقة إلى أخرى تليها، مذا ويمكن التحكم في هذا العيب وتقليله عن طريق تغطية النهايات مع استخدام رجات حرارة منخفضة ، ورطوبة نسبية مرتفعة عند بدء التجفيف .

تشوهسات الالتواء Warp

تشمل عديدًا من العيوب (شكل 3٤)، وتحدث مع استمرار تجفيف الخشب، شوه شكل القطع المنشورة نتيجة للتباين ما بين الانكهاش المهامي والقطري، وتظهر حكالها بوضوح في الشكل المبين المأخوذ عن (Rasmassen, 1979). ١٢٨ تقنيـة الأخشــاب



شكل ٤٤. تخطيط يوضح أنواع عيوب تجفيف الحشب

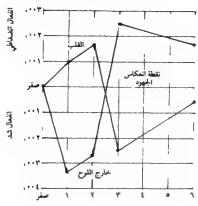
وأساسها التباينات في مقدار الانكهاشات الفطرية والمهاسية خاصة بالنسبة للألواح المنشورة مماسيًا. ويمكن التقليل منها عن طريق تعديل جداول أفران التجفيف مع إجراء تجفيف هوائي أولي. وتحسين طريقة رص الألواح خلال التجفيف.

تشفسقات وتحسرر العقسد

يحدث هذا العيب نتيجة لتباين الانكهاشات الحادثة داخل العقد الخشبية والنسيج المحيط بها، وينتج عنه تشقق العقد أو جعلها سائبة، ويمكن التحكم فيه، وتقليل هذا العيب باستخدام مراحل تجفيف معتدلة في بدايتها مع رطوبة نسبية مرتفعة نوعًا ما عند بدء التجفيف.

القشرة المتصلية Casehardening

تحدث القشرة المتصلبة نتيجة لإجهادات التجفيف المرافقة للانكماش وهي حالة في الأخشاب تكون فيها الألياف في القطاعات الخارجية من اللوح الخشبي معرضًا لجهد انضغاط في حين الألياف الداخلية تكون تحت جهد شد أما انعكاس القشرة المتصلبة فهو عيب تكون فيه الألياف الخارجية تحت جهد شد والألياف الداخلية تحت جهد انضغاط نتيجة لزيادة عملية التكييف في مراحل تجفيف الأخشاب النهائية، وعيب القشرة المتصلبة ناتج عن إجهادات التجفيف فاصطلاح القشرة المتصلبة يشاربه للأخشاب الجافة التي يوجد داخلها إجهادات تجفيف مقيلة لم تنطلق. وعلى عكس ما يعنيه هذا الاصطلاح فإن سطح قطعة الخشب يكون أكثر لبنًا من قلبها، وهذا بسبب أن الخلايا على السطح في هذه الأحوال تكون في وضع شد، أي تكون القشرة أقل كثافة وألين، ويمكن شرح خطوات حدوث القشرة المتصلبة ببساطة بأنه عند تجفيف الخشب فإن الجزء الخارجي للوح يجف بسرعة تحت نقطة تشبع الألياف (راجع الباب السادس) وإن كان يمنع من الانكهاش تمامًا بسبب القلب الذي لم يزل محتويًا على رطوبة، وفيها بعد فإن هذا الجزء الخارجي يصبح تحت شد بينها يكون القلب تحت انضغاط، ومع تقدم عمليات التجفيف بسرعة فإن التباين في المحتوى الرطوبي بين الداخل والخارج في قطعة الخشب يصبح كافيًا لإحداث تشكل دائم في السطح الخارجي، فيصبح هذا السطح في حالة شد بدون انكهاش كامل، ومع زيادة جهود التجفيف عن قوة تحمل النسيج الخشبي تحدث تشققات في السطح الخارجي، ثم بعد هذا يفقد القلب قليلاً من محتواه الرطوبي، ويميل إلى الانكهاش أكثر، ولكنه يجابه بحالة تشكل شد دائم على القشرة تمنع من الانكماش الطبيعي للقلب وهكذا تنعكس جهود التجفيف وتصبح القشرة الخارجية للوح تحت جهود انضغاط، وتشكل شدًا والقلب تحت جهود شد، وتشكيل انضغاطًا، وقد يحدث هذا حالة عيب عش النمل المذكور المذكور أنفًا، ويمكن التغلب على هذا العيب باستخدام طريقة تكييف عند حرارة مرتفعة في نهاية دورات التحفيف، ويوضح (شكل ٤٥) انعكاس جهود وإجهادات التجفيف، وعمومًا فإن عيب القشرة المتصلبة يظهر في حالة استخدام تجفيف سريع مع حرارة عالية في بعض الأصناف إلا إذا تم هذا تحت ظروف تامة التحكم في المحتوى الرطوبي للألواح والرطوبة النسبية حولها.



شكل 20. غطيط بيين انعكاس جهود التجفيف

عيوب التجهيز المكانيكي للأخشاب

هذه العيوب في الواقع عيوب ناتجة عن المعاملة غير السليمة للأخشاب بعد القطع من تخزين وتجفيف وإن كانت لا تبدو جلية إلا خلال نشر الأخشاب وتصنيعها، ومعظمها يتعلق باتجاه الألياف والنسيج الخشبي من الناحية السطحية.

الألياف الوبرية أو الشعشاء Fuzzy Grain

وهذا التكوين يظهر على سطح الألواح المنشورة ناتجًا عن تقاطع مجاميع الألياف من نسيج خشب الشد في صالدات الأخشاب، وتعرض هذه الألياف على السطع، ونتيجة لتركيبها التشريحي المذكور آنفًا فإن مجاميع الألياف عند تجهيز السطح ميكانيكيًا خاصة في الحالة الحضراء _ تنتصب متعاكسة مع اتجاه السطح مكونة نتؤات ذات مظهر، وَبرَيًّ على السطح، وهي عبارة عن تجمعات من الألياف تنتج من خلال تحور

أطراف هذه الألياف من السطح الخشبي خلال عملية المسح الميكانيكي أو الصنفرة وترداد هذه النظاهرة مع ارتفاع الرطوبة بالأخشاب، وهي لهذا ظاهرة أساسًا في صالدات الأخشاب، وإن كان قليل من المخروطيات يظهر تكوينات وبرية تشبه هذه المجموعة من العيوب إلا أن السبب فيها لا يكون بالقطع مثل أسباب تكوينها في صالدات الأخشاب، الذي يرتبط فيها تكوين السطح الوبري بوجود خشب الشد، هذا وقد ذكرت عديد من المراجع وجود هذا العيب (Marra, 1943) وقد ذكر المرجع السابق وجود الألياف الوبرية بكثرة في الأخشاب المنشورة عاسبًا عنها في المنشورة تقريًا، وهذا يكون راجعًا إلى تعرض كمية أكبر من الخشب المبكر في هذه الطريقة من النشع بسهولة مكونة اليافًا وبرية وإن كانت زاوية تعرض هذه الأوعية مع السطح تعد السطح بسهولة مكونة أليافًا وبرية وإن كانت زاوية تعرض هذه الأوعية مع السطح تعد

الألياف المرتضعة عن السطح والسائبة

الألياف المرتفعة عن السطح ظاهرة ترجع إلى انفصال مساحات من السطح الحثيي في شكل وقائق لترقع نافرة من السطح المجهز ميكانيكيًّا، وهي ترجع أساسًا إلى الفعنط الشديد، والضربات المتنالية التي قد تحدث من أسلحة فارة الثخانة (الرابوة) أو خلال الصنفرة الميكانيكية، ويكون الفعل الميكانيكي لهذه الأجهزة هو تحطيم الخشب المبكر وضغطه في حلقة نموية أو أكثر بفعل ضغط خارجي من أسلحة الميكنات على الحشب المتأخر في الحلقات النموية نفسها، وعلى هذا يسحق نسيح الخشب المبكر إلى داخل اللوح تحت الخشب المتأخر، ومع تباين إجهادات الانكاش اللوح، وتبرز مكونة هذا العيب الذي تكون فيه الأطراف منفصلة عن بقية نسيح اللوح، وواضح أن هذا العيب الذي تكون فيه الأطراف منفصلة عن بقية نسيح اللوح، وواضح أن هذا الانفصال ناشيء عن تباين جهود الانكياش وحيث ينكمش الطولي الخشب المتأخر عرضيًا أكثر من الحشب المبكر وإن كان أقل منه في الانكياش الطولي (Paul, 1955) وهذا العيب يؤدي إلى عيوب معقدة كثيرة خلال تجهيز الحشب خاصة في حالة أخشاب الأوضيات (Kochler, 1940).

هذا ويلاحظ أن الألياف المرتفعة عن السطح تتكون في الألواح المنشورة عند رطوبة أعلى من ١٧٪، وهذا العيب يظهر في معظم الأنواع الخشبية خاصة في المخروطيات ذات الانتقال الفجائي بين خشب السربيع، وخشب الصيف (Panshin and de Zecuw, 1980).

هذا وعادة ما يؤدي ارتفاع الآلياف عن السطح (raised grain) إلى تجعد في سطح الألواح، وعادة ما يظهر أكثر على الوجه المقابل للنخاع في الألواح نتيجة للمقاومة الشديدة التي يبديها الحشب المتأخر للقطع عند هذا السطح يمكس ما يحدث له في السطح المواجه للقلف. وعلى هذا فيكون هناك تحطيم وضغط أكثر للخشب المتأخر داخل نسيج الحشب المبكر على الوجه المقابل للنخاع؛ ولهذا ينصح عند الاستخدام جعل السطح المواجه للقلف هر السطح الأعلى في أخشاب الأرضيات، كذلك يلاحظ وجود تجعد في السطح القطري للألواح، وهذا راجع إلى النباين الشديد في التغيرات المجمية نتيجة للرطوبة التي تحدث أكثر في الخشب المتأخر على الخشب المبكر، ولهذا المعيري في الألواح المنشورة قطريا، وعا لا شك فيه أن العيب يظهره أكثر أسلحة القطري في الألواح المنشورة قطريا، وعا لا شك فيه أن العيب يظهره أكثر أسلحة ماكينات التجهيز غير الحادة. وكنمط آخر من هذا العيب يظهره أكثر أسلحة (loosened grain) المطرضة على السطح المنشور محاسيًا منفصلة تمامًا عن بقية اللوح وهذا العيب يظهر جليًا المعرضة على السطح المنشور ماسيًا منفصلة تمامًا عن بقية اللوح وهذا العيب يظهر جليًا من قبل .

الأليساف المزقة Torn and Chipped Grain

وهذا العيب راجع إلى التجهيز الميكانيكي أساسًا خاصة في حالة استخدام أسلحة للقطع غير حادة، أو استخدام درجة الرطوية فيها أقل من ه٪ أو عند إدخالها أسرع في ماكينات مسح الأوجه، ويمكن تلافي العيب بعكس اتجاه تغذية اللوح داخل الماكينة (Panshin and de Zecuw, 1980).

الراهسع

المراجع العربية

بدران، عثمان وقنديل، السيد عزت، ١٩٧٩. أساسيات علوم الأشجار وتكنولوجيا الأخشاب. طبعة ثالثة، دار المطبوعات الجديدة، جمهورية مصم العربية.

References

- Arganbright, D. and Bensend, D.W. 1969. Relationship of Gelatinous Fibers Development to Tree Lean in Soft Maple. Wood Sci., Vol. 1.
- Berlyn, G.P. 1961. Factors Affecting the Incidence of Reaction Tissue in Populus Deltoides, Bartr., Iowa State J. Sci., 35 No. 3: 367-424.
- Boyd, J.D. 1950. Tree Growth Stresses, II: The Development of Shakes and other Visual Failure in Timber. Aust. J. of Appl. Sci., 1: 296-312.
- Chow, K.Y. 1946. A Comparative Study of the Structure and Chemical Composition of Tension Wood and Normal Wood in Beech (Fagus sylvatica L.). Forestry, 20: 62-77.
- Harris, J.M. 1973. Spiral Grain and Xylem Polrity in Radiata Pine: Microscopy of Cambial Reorientation. N.Z.J. For. Sci., 3 No. 3: 363-378.
- Hughes, F.F. 1964. Tension wood. A review of litrature. for Abstract article., Vol. 26, 16 p.
- Kandeel, S.A. and McGinnes, A. Jr. 1970. Ultrastructure of Ring Shake. Wood Sci., Vol. 2 No. 3.
- Koehler, A. 1940. More about Raised Grain, South. Lumberman, 161, pp. 171-173.
- Lowery, D. and Erickson, E.C. 1967. The Effect of Spiral Grain on Pole Twist and Bending Strength. Internt. For. & Range Exp. St. Res. Pap. INT-35. U.S. F.S.

- Larson, P.R. 1969. Wood Formation and the Concept of Wood Quality. Yale University Press. U.S.A.
- Low, A.J. 1964. Compression Wood in Conifer. A review of Literature. For. Abstract. Vol. 25, 16 p.
- Leach, R.W. and Wareing, P. 1967. Distribution of Auxin in Horizontal Woody Stems in Relation to Gravimorphism. Nature., 214: 1025-1027.
- Marra, G. 1943. An Analysis of the Factors Responsible for Rasied Grain in the Wood of Oak Following Sanding. Trans. Soc. Mech. Eng., 65: 177-185.
- Morey. P.R. 1973. How Tree Grows. Arnold. London.
- Nicholson. J. 1973. Effect of Storage on Growth Stresses in Mountain Ash Logs and Trees. Aust. For., 36 No. 2: 114-124.
- Panshin, A. and de Zeeuw, C. 1980. Textbook of Wood Technology. 4th ed. McGraw Hill. New York.
- Paul, B.H. 1955. Raised, Loosened, Torn, Chipped and Fuzzy Grain in Lumber, USDA. For. Serv. For. Prod. Rep. p. 2044.
- Rasmuseen, E.F. 1979. Dry Kiln Operators Manual. U.S. Dept. of Agric. Handbook. 188. Washington D.C.
- Skolmen, R. and Gerhards C. 1964. Brittleheart in Eucalyptus Robusta Grown in Hawaii. For. Prod. j., 14 No. 12: 549-554.
- Timell, T.E. 1973. Ultrastructure of the Dormant and Active Cambial Zones and the Dorman Phloem Anociated with Formation of Normal and Compression Woods in Picea abies L. Karst. Stat. Univ. Coll. Tech. Publ. 96. Environ. Sci. For. Syracuse Univ. New York.
- Wangaard, F., 1950. The Mechanical Properties of Wood. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Weddell, E. 1961. Influence of Interlocked Grain on the Bending Strength of Timber with Particular Reference to Utile and Greenheart. J. Inst. of Wood Sci., 7: 56-72.
- Woodfin, R. Jr. 1969. Spiral Grain Patterns in coast Douglasfir, For. Prod. J. 19 No. 1: 53-60.

الفديل الخاهيس

التملل الميوى للنسيج الكثبى

Bio - degradation of Wood Tessues

مقدمة (القطريات المحللة والملونة للأخشاب
 الحشرات التي تصيب الأخشاب (التخارات البحرية (الأساس الكيموجيوي لتحلل
 الأخشاب (الراجع)

مقدمسة

إن التحلل الحيوي للأخشاب يشكل جزءًا من دورة الكربون في الأمراض، والواقع أن نوعية الحياة التي نعرفها ستتأثر حتًا إذا ما استمرت عمليات البناء الضوئي بدون عمليات البناء الضوئي بدون عمليات التحلل الحيوي القائمة، وبهذا بجدث نقص شديد في ثاني إكسيد الكربون بالكرة الأرضية (Kirk and Cowling, 1984) هذا ولقد أخذ تفهم دور الكائنات المحللة للإخشاب فترة طويلة منذ حوالي القرن حتى تأكد قيامها بهذا بصورة قاطعة بالكيفية التي نعرفها الآن، والتي هي نتاج مئات الأوراق والأبحاث العلمية المنشورة. هذا التي يعدث نتيجة لفقد الغذاء المخزن، واستهلاكه بدون عمل تحقيقي للنسيج الشيء وهذا الاضمحلال بدون تحلل نتج عن عمل الخلايا الحية في منطقة الحشب العصاري، ونعتبره نقطة البداية في التفكك بدون تملل، ويدون تأثير ضار. أما المؤثرات الأخرى فتبدأ من تلك التي تقوم بعملية الاختراق الميكانيكي للنسيج الخشي مثل الحشرات والطيور نقارات الأخرى مضية فهي أساسًا فطرية وتقوم بالطون أو

الصبغ، أما تلك العوامل التي تدمر بعض الأنسجة مثل الغشاء النقري فهي تنتمي إلى مجموعة الفطريات والبكتريا، وأما التفكك للبوليمرات البنائية للأخشاب فقد يكون ميكانوكيموحيوية (Mechanobiochemical) ، وتقوم بها الحشرات والنخارات البحرية في حين أن العمليات الكيموحيوية من تحلل تقوم بها الفطريات بأنواعها.

الفطريات المحللة والملونة للأخشاب Wood Destroying and Staining Fungi

على الرغم من أن هناك أخشابًا تعد منيعة بالنسبة للإصابة الفطرية نتيجة لوجود مستخلصات خشبية ذات تركيب كيميائي معين فيها إلا أن الأخشاب في معظم الأحيان من معظم الأجناس الشجرية تصاب بالفطريات بأنواعها المختلفة. ومن المهم أن نلاحظ أن الفطريات المحللة أو المدمة للاخشاب تصبيها تحت شروط استمالية أو طبيعية أو بينية عددة أهمها المحتوى الرطوي للاخشاب الذي يجب أن يتجاوز الد ٢٠٪، ويقترب من نقطة تشبع الألياف وثانيها درجة حرارة مناسبة، والدرجة المثل لمعظم الفطريات تتراوح ما بين ٢٥-٣٩م. والحرارة إذا وصلت إلى حوالي ٤٠م فإنها تعد مثبطة للنمو الفطري، فافقط ريات المكونة للصبغة الزرقاء مثلا لا تنمو فوق ٣٥٠م إلا أن الفطريات المكونة للصبغة الصغراء في السنديان مثلاً يمكنها النمو حتى ٤٠٠م. وتستمر حتى ٥٤٠م. (Cartwrignt and Findlay, 1950) ويؤكد المرجم نفسه كذلك أن الأكسجين يعد لازما لنمو الفطريات المحلة والملونة للأخشاب للعمليات الحيوية كالتفس، ومن المعروف أن التركيزات العالية من ثاني أكسيد الكربون تعيق نمو

والواقع أن الاحتياجات الاكسجينية للفطريات المحللة والملونة للخشب تعد مرتبطة باحتياجاتها الماتية، فعم توافر الاحتياجات الرطوبية في الفراغات الخلوية مع كمية كافية من الأكسجين فإن الفطريات المكونة للصبغة الزرقاء يمكنها النمو بسهولة، إلا أن خفض الأكسجين يثبط النمو حتى مع المحتويات الرطوبية العالية، فمن التجارب العملية يظهر أن تخزين الجذوع تحت سطح الماء تمامًا يجميها بصورة معقولة من الصبغة الزرقاء. كيا أن تواجد بعض العناصر الغذائية يعد لازمًا لاستمرار النمو الفطري في الأخشاب. والاحتياجات الرئيسة للفطريات المحللة والملونة للخشب تتضمن الكربوهيدرات واللجنين إلا أن الفطريات الملونة احتياجاتها أساسًا - تأخذها من سكريات أقبل تعقيدًا في التركيب، ومن بقيايا البروتينات الموجودة في الخلايا البرانشيمية في الأنسجة الخشبية. هذا بالإضافة إلى أن تواجد التروجين يعد أساسًا لنمو معظم الفطريات المحللة للأخشاب، وإن كان استخدامها للنتروجين يكون دائيًا في صورته العضوية مع وجود عوامل نموية مساعدة مثل الثيامين بالإضافة إلى بعض العناصر المغذية الأخرى مثل الزنك والفوسفور (Cochrane, 1958) ، كيا أن رقم الحموضة يجب أن يكون ما بين ه, ع وه, ه بالنسبة للفطريات المحللة للأخشاب.

وهناك عدة طرق مختلفة للتعرف على الإصابة الفطرية ظاهريًا، إلا أن أعراض الإصابة تصبح واضحة بعد تقدمها بصورة كبيرة، حيث يصير الخشب متغيرًا في لونه، وينخفض ثقله النوعي، وصفاته الميكانيكية، بالإضافة إلى بعض التشققات التي تظهر على سطحه نتيجة للانكياش الذي يحدث بعد تحلل المادة الخشبية، ومع تقدم الإصابة يمكن شحقه فيها بسهولة، إلا أن المراحل الأولية للإصابة لا يسهل التعرف عليها إلا من خلال الفحوص المجهرية لقطاعات يمكن من خلالها التعرف على هيفات الفطر داخل النسيج الخشبي. والواقع أن الإصابة الفطرية تبدأ من خلال الأنزيات التي تفرزها الهيفات خلال النمو، والتي تقوم بدور عوامل مساعدة لتفاعلات كيميائية يتم من خلالها تحلل النسيج الخشبي.

وفي حالة التحلل فإن الأنزيهات تساعد على تحليل السليولوز وعديدات التسكر واللجنين من خلال تشجيع تفاعلات تحلل مائي، أو أكسدة تساعد على تحلل هذه البلمرات العالية إلى مواد ذات وزن جزيئي منخفض يسهل على الفطر استخدامها، وهكذا فإن الفطريات المحللة للأخشاب تحصل على الطاقة اللازمة لنموها بهذه الطريقة عايؤدي إلى تحطم الجدا الخلوية وانخفاض الثقل النوعي والخواص الميكانيكية والفيزيقية للاخشاب من حيث قابليتها

للإصابة بالفطريات إلى مقاومة ومتوسطة ومنخفضة ، وترجع المقاومة بدرجة كبيرة إلى وجود مستخلصات كيميائية معينة تعيق وتمنح الإصابة .

تقسيم الفطريسات المحللة للأخشاب

سنذ بدء دراسة تحلل الاخشاب حيويًا بالفطريات لوحظت فروق بين مجاميع غتلفة من حيث تأثيرها على المادة الخشبية وحتى أواخر الأربعينات كان الملاحظ وجود مجموعتين من الفطريات المحللة للأخشاب هما العطب الأبيض والعطب البني إلا أنه تأكد بصورة قاطعة وجود العطب اللين كمجموعة ثالثة في أوائل الخمسينات (Findlay).

and Savory, 1950)

وهذه المجاميم الثلاث تختلف مع بعضها في مظهر الإصابة ونوعيتها.

العطيب البنس Brown Rot Fungi

كان من الواضح بالنسبة للباحثين في البداية أن هذه المجموعة من الفطريات تهاجم السليلولوز أساسًا تاركة اللجنين، وكانت نتيجة التحليل في الأخشاب المسابة هو ارتفاع نسبة اللجنين إلى الكربوهيدرات عا يؤكد هذه الفكرة، ويفحص الأخشاب بهذه الطريقة اتضح أن المحتوى اللجنيني للعينات المصابة من الأحشاب ظل ثابتًا، أو لحقه نقص قليل بينها تناقص المحتوى السليولوزي والهيمسليولوزي بصورة جلية مع علول الصودا الكاوية 1/ كتيجة للعطب البني يرفع من درجة فربان النسيج الحشبي في علول الصودا الكاوية 1/ كتيجة للمحمد علول المودا الكاوية 1/ كتيجة للمحمد فابلة للأويان في القلوي المخفف لتمطي بجموعات ذات درجة بلمرة منغضة قابلة للأويان في القلوي المخفف، وبالثاني فإن اللون البني للخشب المصاب يرجع إلى كمية اللجنين التي تظل كها هي مع الخشع عبارة عن تملل مائي لعديدات التسكر بما يشابه التحلل المائي الحمضي الرئيس عبارة عن تملل مائي لعديدات التسكر بما يشابه التحلل المائي الحمضي الرئيس عبارة عن تملل مائي لعديدات التسكر بما يشابه التحلل المائي الحمضي الرئيس عبارة عن تملل مائي لعديدات التسكر بما يشابه التحلل المائي وكمية اللجنين يتم عن طريق تملل أنزيمي أو بصورة فيزيقية اللجنين فإنه غير مؤكد أن تملل الملجنين يتم عن طريق تملل أنزيمي أو بصورة فيزيقية اللجنين فإنه غير مؤكد أن تملل المجنين يتم عن طريق تملل أنزيمي أو بصورة فيزيقية

مترافقة مع تقدم تحلل الكربوهبدرات الموجودة في الخشب والجدول رقم ١٠ يبين تحليل أخشاب أصيبت بالعطب البني .

جدول ١٠. تحلل الأحشاب من نوع Abies alba بالعطب البني جنس Paxillus panuoides

الخشب المتحلل /	الخشب الطبيعي ٪	المركب الكيميائي	
0ر٧	ەر∨ە	سليولوز (Cross and Bevan)	
٧٣,٧	Ðε	بنتسوزان	
Y£3V	Y-0.4	باني ن	
1473	15	الذائب في ١٪ ص أيد	
٧٠٠٣	\$1°ر •	الذائب في ٢ : ١ محلول بنزين ـ كحول	

الصدر مأخوذ عن (Farmer, 1967)

الجدول السابق يظهر فيه جليًا تأثير العطب المبني على نوع من خشب البياض تم فيه خفض الوزن نتيجة للتحلل إلى ٣٦٣ه/.

العطيب الأبييض White Rot

العطب الأبيض يظهر فيه تغير في طبيعة مهاجة الخشب عن العطب البني، فالعطب البني، فالعطب الأبيض يعطي تباينًا واضحًا في طبيعة هجومه على المركبات المكونة للخشب، فمشلًا بهاجم اللجنين وقبل بدء تحلل السليولوز، وإن كان هناك بعض من هذه المجموعة تبدأ بالسليولوز والبنتوزان ثم تهاجم اللجنين، إلا أن النمط الأول هو الأكثر شيوعًا من حيث مهاجة اللجنين وعديدات التسكر على التوالي من بداية الإصابة، وعند تحليل الأخشاب المصابة بلاحظ فروق واضحة بينها وبين الأخشاب غير المصابة؛ نظرًا لأن مكونات الحشب المختلفة تتحلل بدرجات متفاوتة حسب كمياتها الأصلية الموجودة في الحشب، وبالتالي فإن حساب النسبة المؤية للمكونات المختلفة على أساس الحشب الطبيعي قبل الإصابة مع أخذ النقص في الوزن نتيجة للتحلل يوضح أي من هذه المكونات فقد كمية أكبر، ويظهر هذا في جدول رقم 11.

جدول ١١. تحلل الأخشاب المصابة بفطر Polystictus versicolor

النسبة المتوية سلي السليم	-		نسبة مئوية ، المحللة	بل أساس ا زن العينات		المركب الكيمياثي
٦٨	4.	1	٦٨	4.	1	الثقل النوعي/ من الأصلي
74,7	4,70	۹ر۷۵	۲ر۸۵	٨ر٨٥	۹ر۷۰	السليولوز (Cross & Bevan)
ەرە1	۱ر۲۱	۸ر۲۲	۸ر۲۲	٤ر٢٣	۸ر۲۲	البنت وزان
۹ر۱۲	۲ر۱۸	41	ەر ۲۰	۷۰٫۷	*1	اللجنيسين
۱۲٫۹	101	۸ر۲۱	٥ر٨١	۸ر۳۱	۸ر۱۹	ذوبان في صودا كاوية ١٪
£ر ١	۰ر۲	۸ر۲	١ر٢	۲٫۲	۸ر۲	ذوبان في الكحول ـ بنزين

المصدر مأخوذ عن (Farmer,1967) .

وكسما يسبدو في الجدول فإن تحليل خشب السعسسارة من نوع Polystictus versicolor علي بالفطر Polystictus versicolor عا أدى إلى خفض في الثقل النوعي بمقدار ٩٠٪ و ٢٨٪ على التوالي يظهر مدى الفقد في المكونات إذا ما تمت المقارنة على أساس الخشب الأصلي قبل الإصابة، ففي الجدول لا تظهر الفروق في الأعمدة الثلاثة الأولى قدر ظهورها في الأعمدة الثالية التي تبدو فيها الأرقام على أساس الوزن الأصلي للخشب ويظهر بوضوح عند خفض الكثافة بمقدار ٢٨٪ أن السليولوز وصل إلى ٢٩٣٪ بدلاً من ٢٩٠٨٪ واللبتوزان ١٩٥٨٪ بدلاً من ٢٧٪.

هذا وبعض أنواع العطب الأبيض تعطي بقعًا بيضاء من الخشب المتحلل تسمى جيوب العطب الأبيض، وهي مناطق تم فيها التحلل بدرجة أكبر من المناطق المجاورة، ومن الـواضح أن القطر في هذه الأحوال يستهلك لجنين بمعدل كبير عن استهلاكه للسليولوز؛ ولهذا فإن هذه الجيوب تحتوي على لجنين أقل، وسليولوز أكثر، وقد سبق القول إن اللجنين مقاوم للتحلل المائي الحامضي، وإن كان يتطلب أنزيهات مؤكسدة ليتم تفككه ، وقد أثبت التجارب ذلك عن طريق اختبار الفينولات المرجودة بعد التحلل ، وهمض التانين ، وهمض الجاليك ، إلا أن مجموعة العطب الأبيض نتيجة لأنها تحلل السليولوز يمكن القول بأنها تحلل المكونات الرئيسة للخشب عن طريق الأكسدة ، والتحلل المائي الحمضي معًا ، وإذا قارضا نتائج التحليل لأخشاب مصابة بالعطب الأبيض أو العطب البني نلاحظ أن العطب البني يصاحبه ارتفاع الذوبان للنسيج الحشي في ١ ٪ (صودا كاوية) يعكس العطب الأبيض والجلول رقم ١ ٢ يوضح مقارنة بينها .

جدول ١٢. مقارنة بين خصائص العطب الأبيض والعطب البني

والخشب المصاب بالعطب البني	الخشب المصاب بالعطب الأبيض	الخاصية
بني محمر	مظهر اللون مبيض	اللسون
الهولوسليولوز	الهولوسليولوز واللجنين	المركبات التي يحللها
عال ٍ بدرجة كبيرة خاصة في الطولي	عادي تقريبًا	الانكياش
منخفضة بدرجة كبيرة	منخفضة جزئيًا	المتانية
تنخفض بشدة حتى في أولى	تنخفض بشدة حتى في أولى	الصلابية
مراحل الإصابة	مراحل الإصابة	
اتخفاض سريع	انخفاض تدريجي	التأثير على درجة البلمرة
منخفض عن الخشب السليم	تقريبًا مثل الخشب السليم	حصيلة اللب (على أساس الوزن)
جودة سيثة	تقارب الخشب السليم	جودة الألياف
عاليسة	أعل قليلًا من الطبيعي	الذوبان في محلول ١٪ ص أيد
المخروطيات	صالدات الأخشاب	العائل المفضل

المصدر مأخوذ عن (Kollmann and Côté, 1968).

المطيب الطيري Soft Rot Fungi

برغم أن نمط الإصابة بهذا الفطر في الجدار الثانوي فقط فقد عرف منذ أمد بعيد بواسطة (1937) Bailey and Vestal إلا أن هذه المجموعة لم تعرف عل وجه التأكيد إلا بواسطة (1950) Findlay and Savory (1950 خلال دراستهم لتحلل الأملاح بالخشب في أبراج التبريد حيث وجدت تلك المجموعة من الفطر التي تركز اصابتها فقط على الجدار الثانوي وبالذات على الجزء الأوسط منه وقد ظهر من الدراسات فيها بعد ,(Savory) (1954 أن معظم مجموعة العطب الطري تتبع مجموعة الفطريات الناقصة -(fungi imper) (peciti) وإن كان لوحظ وجود بعض الفطريات الأسكية (ascomycetes)

هذا ويشار لهذه المجموعة بتعبير العطب الطرى أو اللين، وهي توجد في الأخشاب المعرضة للياء، أو المغمورة في الماء كها هو في أبراج التبريد، أو في الجذوع، وهذا بعكس بقية مجاميع الفطريات المدمرة للخشب التي تستلزم وجود الهواء لحياتها، وهذه المجموعة من العطب الطرى عادة تكون إصابتها سطحية. وبالتالي فتأثيرها أكبر في الأخشاب صغيرة الحجم، وتتغلغل داخل الخشب في بعض الأحيان إلا أن أساس تحللها يكون في الطبقات المجاورة للأسطح محدثة ليونة من الأسطح، وقد تصبح لينة بدرجة يسهل معها قشطها بسهولة، ويظهر التحليل الكيميائي للأخشاب المصابة بخاصة في المراحل الأولى أن الإصابة تركزت في السليولوز والهيمسليولوز فقط وإن كان النقص في تركيز اللجنين يتزايد مع استمرار الإصابة إلا أن الفطر أساسًا فطر مدمر للسليولوز حيث تتمدد هيفاته بداخل الجدار الخلوى الثانوي باتجاه طول الألياف تاركة فراغبات داخل الجدار، هذا وتعد الأخشاب المخروطية أكثر مقاومة عن الصالدات للإصابة بالعطب الطرى وقد يكون هذا راجعًا إلى درجة اللجنين العالية في الجدار الثانوي بالمخروطيات مما يعطى حماية للتراكيب السليولوزية في هذه المنطقة من الجدار، كما قد لوحظ أن الإصابة يمكن أن تتم في خشب القلب في بعض الأخشاب التي تعد مقاومة لفطريات أخرى كما لوحظت إصابات في الأخشاب المعالجة بحافظات الأخشاب لمقاومة العطب البني والعطب الأبيض (Farmer, 1967) .

مجموعة الفطريات الملونة للخشب والعفن Wood Staining Fungi

تؤثر هذه المجموعة على القيمة الاقتصادية على عديد من الأخشاب المنشورة، بخـاصة إذا ما أريد إعطاؤها غطاة يعتمد على ألوانها الطبيعية أو استعهالها بصورتها الطبيعية، وهناك التلون الحادث نتيجة للتحلل السطحي بالعفن (moids) والتلون الحادث بالفطريات الملونة لخشب العصارة، هذا وتستمد هذه المجموعة غذاءها أساسًا من الخلايا البرانشيمية بالنسيج الخشبي، وبالتالي فهي لا تقوم بإحداث تدمير للمكونات الرئيسة للخشب مثل المجموعات السابقة وبالتالي فهي تخفض المتانة بدرجة قليلة جدًا إلا أن بعض المجاميع المحللة للخشب من هذه المجموعة بازدياد إصابتها الإصابة قد يصاب ببعض الفطريات الأخرى والمجموعة المحدثة للصبغة الزرقاء مثل الصفراء تحديث وسلم الفطريات الأخرى والمجموعة المحدثة للصبغة الزرقاء مثل الصفراء المحدوعة من الفطريات الملونة إلا أن مجموعة الصبغة النطونية لا تتأثر الصفراء المالونة ويفاتها ذات ألوان عيزة. هذا وتلاحظ أن الحواص المكانيكية لا تتأثر بالفطريات الملونة إلا في حالة الصلابة التي تتخفض بقلة، ومن الملاحظ أن اللجنين يقوم بحياية الكربوهيدوات في الأخشاب من الإصابة بعديد من أنواع العفن التي لها اللقرة على تحلل السليولوز (1937). (Bailey et al. 1937) .

الحشرات التي تصيب الأخشاب Wood - Boring Insects

تعد الحشرات أهم أسباب التلف الحيوي للأخشاب بعد الفطريات، وهي تصيب الأخشاب في جميع مراحل إنتاجها سواء بالأشجار، أو بعد تحويلها إلى جذوع، أو بعد نشرها وتصنيمها في صورة ألواح أو أثاث، وهي تصيب الأخشاب عند درجات غتلفة من الرطوية. هذا وتختلف بجاميع الحشرات التي تصيب الأشجار والأخشاب حسب المنطقة فتلك التي تصيب الأخشاب في المناطق المعتدلة أو الجافة، فينها تعد مجموعات النمل الأبيض termites وبعض عائلات غمدية الأجنحة مثل Bostrychida من أهم مجموعات النمل الأبيض الحشرات المدمرة للأشجار والغابات في المناطق الاستوائية فإن مجموعات النمل الأبيض مع حفارات الأخشاب من جنس Lyctus، وخنافس الأثاث Anobium ، وجنس المخاطق المعتدلة أو الجافة .

النمل الأبيض Termites

وهذه المجموعة من الحشرات تضم حوالي خسة آلاف نوع داخل رتبة متساوية الأجنحة Isoptera ، ومنها خس عائلات من النمل الأبيض (Snyder. 1949) ، ويضم النمل الأبيض ثلاثة أقسام هي:

١ ـ المجموعة الأرضية (Subterranean) مثل عائلة Rhinotermitidae التي يعزى الها ١٩٥٪ من جملة إصابات النمل الأبيض في الولايات المتحدة الأمريكية مثلاً (Kollmann and Côté, 1968) .

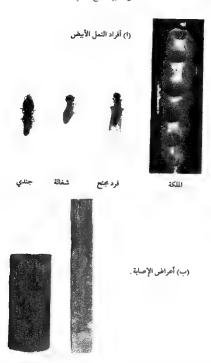
ل المجموعة الرطبة التي تنتشر في المناطق الاستوائية مثل جنس Zootermopsis .

. (Snyder, 1949) Kalotermitidae عائلة مثل عائلة مثل عائلة

هذا ويقوم النمل الأبيض بالغذاء على السليولوز وغيره من عديدات التسكر الأخرى بالخشب، وتساعده البروتوزوا الموجودة في أمعائه على هضم المركبات السليولوزية ومشتقاتها. هذا ويقوم النمل الأبيض بالهجوم على الأخشاب سواء كانت متحللة أو جافة وسليمة، وللنمل الأبيض مميزات حياته الخاصة التي يمكن الرجوع إليها في عديد من المراجع الحشرية المتخصصة في بجال الحشرات (حصاد، ١٩٧٠م) ويبين الشكل رقم 23 أنواع أفواد النمل الأبيض ومظاهر الإصابة على الأخشاب.

خنافس (المساحيق) من الليكتس Lyctus Powder Post Bettels

وهذه المجموعة من الحنافس تصيب الأخشاب تامة الجفاف من مجموعة صالدات الأخشاب، وتقوم حشراتها بوضع البيض في الثقوب أو الأوعية الحشبية (vessels) وعند فقسها تخرج البرقات لتحفر أنفاقًا في الحشب، وهي تتركز في إصابة خشب العصارة بالجمدوع المقطوعة، وعادة ما تتغذى هذه الخنافس على محتويات الحشب من النشا بدون هضم لمكوناته الكيميائية، ومن أمثلتها aricans الي تحدث يرقاتها أنفاقًا ذات أقطار تتراوح من ٢٥٥ إلى و٣ملم، وتصيب أساسًا الجذوع المقطوعة في المناطق المعتدلة أو الجافة (حماد، ١٩٧٧م).



شكل ٤٦. التحلل الحيوي للأخشاب كما يسببه النحل الأبيض

خنافس الأثساث

الخنفساء ذات قرون الاستشعار الطويلة House Long Horn Bectles

وهي من عائلة Hylotrupes bajulus ، ومنها تلك المسيأة Hylotrupes bajulus ، وتقوم بهضم السكريات بالخشب وعمديدات التسكر، وتهضمها بتحلل ماثي من خلال أنزيات بأمعائها، وإن كانت لها متطلبات بروتينية أيضًا بالإضافة إلى قدرتها على تحليل اللجنين.

خنافسس Death-Watch Beetles

وهم له الخناف مصروفة في أوربا وإن كانت تنتشر في بلدان عديدة بالشرق الأوسط وتصيب الأخشاب بالمباني القرعية، وهي تفضل الأخشاب المتحللة جزئيًا، وتقوم بهضم عديدات التسكر واللجنين بالأخشاب (Farmer. 1967) ودورة حياتها أقصر في الأخشاب المتحللة عن السليمة، وهذا راجع إلى مقاومة الأخشاب السليمة لحفر البرقات داخلها بالإضافة إلى المحتوى النتروجيني العالي بالإخشاب المتحللة.

هذا وهناك مجموعة من الحفارات تعرف باسم shot-hole حيث تحدث تقويًا مشل ما تحدثه ثقوب البنادق (الخرطوش)، وتوجـد فـي المناطـق الدافشة، وتتبـع عائلـة Boslrichidae وتقوم بالحفر في الأعشاب، أو البامبو مثل Boslrichidae ، أو حفار ساق غاب البامبو. هذا والمجموعة لا تعد من الأهمية بمكان مثل المجموعات السابقة من الحشرات. كذلك هناك مجموعات النمل النجار أو Carpenter ants من النمل النجار أو Carpenter ants من جنس بحنس خسس و مع تفضل الأخشاب ذات المحتوى الرطوبي الأعل من ١٥٪ جنس (Simone, 1961) كما يوجد النمل النجار المنتمي إلى رتبة Sylocopa كاليوجد النمو النجار الذي يستخدم الحشب كمأوى أساسًا، وقدت أنفاقًا به فذا الغرض (Simone, 1961) ومن الرتبة نفسها التابع لها النمل النجار وهي تصيب الجذوع ومحدث أنفاقًا به وإن كانت قد تصيب بعض المنتجات الحشبية، وتحدث تمويًا في الاختساب وتعمل البرقات أنفاقًا في الحشب خلال فترة حياتها، وتصل إلى طول فسم ثم تدخل في طور العذراء قرب السطح المصاب.

هذا ومن ضمن تقسيهات الحشرات التي تصيب الأخشاب تقسيم يتبع مظاهر الإصابة، وهذه إما ذات الثقوب البيضاوية (Pinholes) أو ذات الثقوب البيضاوية (Grub holes) ، والأخيرة تحدث ثقوبًا يصل قطرها إلى لاملم تقريبًا؛ وهاتان المجموعات من الخنافس والنمل المجموعات من الخنافس والنمل الأبيض فتصيب الحشب المنشور أو غيره، وهذا التقسيم الأخير راجع إلى مظهر الإصابة، وأوردته بعض المراجع مثل بدران وقنديل؛ (١٩٧٩م).

النخسارات البحريسة Marine Borers

النخارات البحرية تعير يطلق على مجموعة من أفراد المملكة الحيوانية تصيب الاخشاب إما من أجل العقداء وإما من أجل الاثنين الغذاء والمأوى، وهي تصيب الأخشاب المفمورة في المياه بغض النظر عن مستوى الأملاح في هذه المياه. والواقع أن النخارات البحرية تسبب تلفًا كبيرًا في عديد من المواقع للأخشاب المستخدمة في السفن أو القوارب أو صاشابهها من الاستعالات، وقد تنم الإصابة ولو كانت الاخشاب معالجة بالكياويات الحافظة المتعارف عليها إلا أن هناك أخشابًا مقاومة

بطبيعتها؛ وطنا تستخدم، ومثلها بعض الأخشاب الإفريقية المقاومة مشل iroko (Chlorophra excelsa) ووجشب أويبي. وopepe (Nauclea diderrichi) وحيث أخشاب أفريقية على درجة كبيرة من المقاومة وخشب المحرية خاصة إذا ما استخدم خشب القلب منها. هذا وتستخدم في بعض الأحيان في الأخشاب متوسطة المقاومة للرق فاردة، أو بعض الكيميائيات ذات التأثير السام الطارد هذه الحيوانات البحرية اللقيقة، وإن كان المفضل دائمًا هو استخدام أخشاب ذات مقاومة طبيعية من حيث تركيب المستخلصات الخشبية الموجودة فيها، مثل تلك التي ذكرت آنفًا، وإن كانت بعض المراجع قد تذكر معالجات كيميائية كالمعالجة بكريوزوت قار الفحم تحت تفريغ باستخدام طريقة المعالجة ذات كالمعالجة خست تفريغ باستخدام طريقة المعالجة ذات

أقسسام النخسارات البحريسة

بصورة عامة فإن هناك عديدًا من الأنواع من الحيوانات البحرية الدقيقة تقوم بتعمير الأخشاب المغمورة في مياه الأنهار والشواطيء البحرية، ويمكن وضعها بصورة عامة تحت مجموعين كبرتين. هما الحقارات الرخوة (molluscan borers)، والمجموعة الأولى يتبعها أجناس الأخرى هي النخارات القشرية Teredo و Poussitora و Martesia, Bankia و Poussitora والأحمير له أهمية كبيرة خاصة في المناطق المعتملة، ويتبعه ديدان السفن، وهي ديدان مستطيلة تصيب السفن وتنخر في المختلفة، ويتبعه ديدان السفن، وهي ديدان مستطيلة تصيب السفن وتنخر في المختلفة المغمورة في المياه عمدلة تلفا كبيراً أما المجموعة الأخرى من النخارات القشرية فهي مشل جنس Limnoria الذي يضم حوالى عشرين نوعًا، وجنس Sphaeroma ، وإن كان أخطرها الجنس الأول (Menzes. 1959) ، وهذه المجموعة وبضاعف في كمية غذائها من الأحشاب المصابة تواجد بعض الفطريات التي تصيب يضاعف في كمية غذائها من الأحشاب المصابة تواجد بعض الفطريات التي تصيب (Becker, 1962) .

الأساس الكيموحيوي لتحلل الأخشاب

Principles of Biochemical Deterioration of Wood

إن نمط وفاعلية تحلل الخشب الذي يبدو ببساطة تحت الميكر وسكوب أو في مظهره العام في شكل تفتت لجدر الخلايا الخشبية راجع لتكسير البوليمرات المكونة لنسيج الخشب عن طريق أنزيهات تفرزها هيفات الفطريات المحللة عند إصابتها للأحشاب، وقد أسهمت عديد من الدراسات التي أجريت على المركبات الخشبية في بيئات معزولة في شرح ميكانيكية التفاعلات الكيموحيوية المسؤولة عن تحملل السليولوز والمجنين، وإن كان معظم الدراسات أنت بنتائج قيمة عند دراستها للإصابة في الأحشاب، وإذا حاولنا أن ننظر إلى الموضوع من وجهة نظر التأثير الفعلي للأنزيهات التي تفرزها هذه الفطريات، ومدى تحليله للسليولوز والبوليوزس واللجنين فإننا قد نستطيع أن نتفهم بعمق أكثر، خطوات مثل هذه التفاعلات المؤدية لتحلل الأخشاب، بالفطريات أساسًا، وهو ما سنحاوله في هذا الجؤد من الباب الحالى.

الفطريسات المحلسلة للسليولوز

إن الفطريات من هذا النوع تشمل العطب البني والعطب الطري، وفي بعض الاحيان يؤشر نوع من المصطب الأبيض على المناطق البللورية من السليولسوز (Kirk & Cowling, 1984). ويذكر المرجع نفسه أن هناك ثلاثة أنواع من الأنزيات المحللة مائيًا هي الأندوجلوكوناز (endo-1.4-B-glucanases) وأكسوجلوكوناز (endo-1.4-B-glucanases) والجلوكوناز أن المخلوريات تستطيع أن تحلل السليولوز البللوري. هذا والنتائج التي أوردها المرجع السابق توضح أن الأندوجلوكوناز أنزيات تترعل المنطق الخارجي للميكروفبرالات السليولوزية، ويلها تحلل مائي لأنزيات الجلوكانز منتجة وحدات سليولوز ثنائية أو سلوبيوز الذي يتعرض إلى تكسير الرابطة المؤكسية بأنزيم الجلوكوسيدز لتعطي جلوكوز وبالإضافة إلى هذا فإن بعض المجلوكوسيدية بأنزيم الجلوكوسيدز لتعطي جلوكوز وبالإضافة إلى هذا فإن بعض أنزيات الأكسدة قد تدخل في تحلل السليولوز الناتج عن الإصابة بالعطب الأبيض، وينتج عن تأثير أنزيم سلوبيوز أكسيديز أن ينتج سلوبيونوجامالاكتون وفي هذا يقوم الاكسجين بدور مستقبل للالكترون.

هذا وتحلل السليولوز بالعطب البني يتم بصورة مغايرة، حيث يفقد السليولوز بلمرته بسرعة في المراحل الأولى للإصابة، وهذا يفسر انخفاض المتانة بشدة في حالة الإصابة بالعطب البني، والعامل المزيل للبلمرة الذي يفرزه العطب البني يستطيع إصابة وتغلغل الميكروفبرلات السليولوزية تمامًا، وهذه الأكسدة المزيلة للبلمرة للسليولوز تؤدي إلى تسكير الجدر الخلوية بما يسهل عمل الأنزيبات المحللة للسليولوز والبوليوزس حيث يعرض المواد السليولوزية والهيمسليولوزية ففصلها المؤثر، ويظهر نتيجة لهذا الزيادة الكبرة للوبان الحشب في محلول ١/ صودا كاوية الذي يعد من خصائص الإصابة بالعطب البني، والذي يظهر بوضوح تكسر البناء الكيميائي للجدر الحلوية، ونقص البلمرة الشديد في السليولوزيها.

الفطريات المحللة للبوليوزس

كيا أشرنا في الباب الثالث عن التركيب الكيميائي لهذا نستخدم تعبير البوليوزس لنشير للمجموعة المسهاة تقليديًا بالهيمسليولوز أو عديدات التسكر الأخرى، الواضح أن الفسطريات المحللة للخشب تنتج أنزيهات قادرة على التحليل المائي للروابط الجلوكوسيدية وبصورة تفصيلية فإننا لا يمكن أن نجزم بشيء عن تفاصيل التفاعلات الكيميائية وإن كان من الواضح أن المجاميع الثلاث من الأنزيهات السابق الحديث عنها فقد تكون هي المؤثرة نفسها ونستطيع أن نقول إن مجموعة أنزيهات أندوجلوكوناز سواء كانت من العطب البني أو الأبيض أو الطري فإن تأثيرها المذكور سابقًا يعمل بصورة عشروائية على أسطح المكروفبرلات السليولوزية ليعطي مركبات ثنائية البلمرة ، أو عضروفة كان المنافق المنافق المنافق أو معروفة (Kirk and Cowling, 1984) ، كما يوجد أنزيهات الجكوسيداز بالإضافة إلى المائنانيز (في العطب البني) .

الفطريات المحلسلة للجنين

تشير الأبحاث عن العطب الأبيض إلى أن التفاعلات المؤدية لتحلل اللجنين معظمها تفاعلات أكسدة، وأكدت عديد من البحوث أن تحلل اللجنين نجتلف أساسًا عن السليولوز والبوليوزس، بل وعن غيره من البوليمرات الحيوية ، والتحلل الحيوي في اللجنين بالعطب الأبيض يأخذ عدة خطوات ، فيبدأ بالأكسدة ، ثم تكسير وانشقاق أكسدة في حلفة البروبيل الجانبية ثم عملية إزالة المثيل من مجموعة المتوكسيل وانشقاق في الحلفة العطرية (Bik and Cowling, 1984) هذا وقد أشار عديد من البحوث في الحداية إلى أن تحلل اللجنين راجع إلى مجموعة الأنزيمات المؤكسدة للفينولات مثل عدد المدينة تشير الأن إلى أن المنافقة المعروبة عامة لها دخل في تحليل اللجنين بالإضافة إلى تأثير مجاميع أن الأزيهات بصورة عامة لها دخل في تحليل اللجنين بالإضافة إلى تأثير مجاميع الميدروكسيل والأنزيهات من extracellular التي تتطلب وجود وجهد الحديث علام المثاعل المناعل المؤدي إلى تكسير اللجنين الحلوي . هذا والعطب البني والعطب الطري يحدث تحللاً في اللجنين بدرجات قليلة ، ولكن بالنمط نفسه والطريقة مثل العطب الأبيض .

المراجسي

المراجع العربية

بدران، عشيان وحزت قنديل، السيد ١٩٧٩. أساسيات علوم الأشجار وتكنولوجيا الأخشاب. دار الطبوعات الجديدة. جمهورية مصر العربية.

هماد، شاكر وعبدالسلام، أهمد ۱۹۷۰. الحشرات الاقتصادية. دار المعارف. جمهورية مصر العربية.

المراجع الأجنيية

- Bailey, I. W. and M.R. Vestal, 1937. The Significance of Certain Wooddestroying Fungi in the Study of Enzymatic Hydrolysis of Cellulose. J. Arnold Arboretum., 18: 196-205.
- Becker, G. 1962. Status of Biology and control of Marine Borers. Proceedings: Fifth World Forestry congress, Scattle, Washington. pp. 1522-1530.
- Cartwright, K.G. and Findlay, W.K. 1950. Decay of Timber and its Preservation. Chemical Publ. Co. Inc. New York. 294 p.

- Cochrane, V.W. 1958. Physiology of Jungi. J. Wiley & Sons Inc. New York, 524 p.
- Farmer, R.H. 1967. Chemistry in the Utilization of Wood. Chapter 9 Pergamon Press. New York, pp. 128-142.
- Findlay, W.K. and Savory, J.G. 1950. Breakdown of Timber in Water-Cooling Towers. Proceedings: Intl. Bot. Congress, 7: 315-316.
- Hunt, G.M. and Garrat, G.A. 1953, wood preservation. 2nd ed. McGraw-Hill. New York. 417 p.
- Kirk, T.K. and Cowling, E.B. 1984. Biological Decomposition of solid Wood. chapter 12 In: Rowell, R.M. (Ed.) The Chemistry of Solid Wood American Chemical Soc. Washington D.C., pp. 455-487.
- Kollmann, F.P. and cote, W.A. 1968. Principles of Wood Science and Technology. Springer Verlag. New York. 592 p.
- Menzle, R.J. 1959. the Identification and Distribution of the Sprcies of Limnoria. In: Dixy Lee Ray, (Ed.) Marine Boring and Fouling Organisms. Univ. of Washington Press.
- Savory, J.G. 1954. Damage to Wood Caused by Microorganisms. Proceedings Symposium on Microbial Spoilage in Industrial materials. Paper III. J. App. Bact., 17: 213-218.
- Somme, J.B. 1961. Poly Deterioration by Wood Destroying insects. Proceedings Eastern Wood Pole Confer., State Univ. college of Forestry at syracuse. pp. 15-22.
- Snyder T.E. 1949. Catalogue of the Termites (Isoptera) of the World. Pub. No. 3953. Smithsonian Misc. Collection, Vol. 112.

الفصيل السيادس

المُواصِ النَّيزِ بِانِيةَ للأَفْتَابِ Physical Properties of Wood

كتافة الأخشاب و علاقة الأخشاب بالسوائل
 انتضاخ الأخشاب وانكهاشها و الحواص الحسوتية
 الحسرارية للأخشاب و الحواص العسوتية
 والكهربية للأخشاب و المراجع.

كثافة الأخشاب Wood Density

تعد كتافة الأخشاب أو النسبة بين الكتلة والجسم أو كتلة وحدة الحجوم من أهم الصفات الفيزيقية للأخشاب، وعادة ما يعبر عن كثافة الخشب من خلال الثقل النوعي (specific) وهو عبارة عن وزن المادة الحشبية كنسبة من وزن حجم مساو من الماء وعادة ما يعبر عن الوزن في حالة الجفاف النام (oven-dry weight). أما الجسم فقد يحسب مساويًا لحجم القطعة الخشبية موضع القياس عند أي مستوى رطوبي، أو عند حالة الحشب المعراء وهو منتفخ بالماء ويسمى (Markwardt, 1926) green volume).

ولهذا فعند تقدير الثقل النوعي ينص دائهًا على المحتوى الرطوبي وبالتالي الحجم الذي تم على أساسه تقدير الثقل النوعي وعلى هذا فهناك ثلاث أحوال تقاس فيها كثافة الأخشاب معررًا عنها بالثقل النوعي.

> تقديسر الثقـــل النوعــي بالأخشـــاب يتم هذا بمعادلات كها يل:

101

ا,

آو آو

$$S_{nd} = \frac{Wo.d.}{Vo.} = \frac{|le(i)| + |le(i)|}{|le(i)|} ...(1-7)$$

 $S_{m\,c} = \frac{Wo.d.}{Vm.c} = \frac{\text{الوزن الجاف}}{Vm.c} = \frac{1}{\text{No.c}} \cdot \frac{\text{No.c}}{\text{No.c}} = \frac{1}{\text{No.c}} \cdot \frac{\text{No.c}}{\text{No.c}} = \frac{1}{\text{No.c}} \cdot \frac{1}{\text{No.c}} \cdot \frac{1}{\text{No.c}} = \frac{1}{\text{No.$

 $S_{Gr} = rac{Wo.d.}{Vgr.} = rac{ الوزن الجاف }{ Vgr.} = rac{ Vgr. }{ Vgr. }$ معادلة (۳-۲) . . (۳-۲)

هذا وهناك طرق عديدة لتقدير الثقل النوعي وقياسه، وإن كان لا يوجد طريقة بعينها محددة قياسيًا وعمومًا فإن من أفضل وأسهل الطرق لتقدير الثقل النوعي للعينات غر منتظمة الشكل وهو استخدام طريقة الإزاحة عن طريق قياس وتقدير وزن الطفو للعينة منتفخة خضراء مع تعليقها في الماء بواسطة ذراع، ووضع سائل الإزاحة وهو الماء في هذه الحالة فوق ميزان حساس، وتؤخذ القراءة على الميزان قبل غمر قطعة الخشب، والقراء بعد الغمر نحصل من الفرق على وزن سائل الإزاحة الناتج عن حجم الخشب الأخضر المغمور، ويفرض أن كثافة الماء هي الوحدة؛ فإن هذا الوزن يساوي (بدقة مسموح بها) الحجم الأخضر للقطعة الخشبية بعد هذا تجفف قطعة الخشب، ويحسب الوزن الجاف، وبقسمة الوزن الجاف على الحجم الأخضر نحصل على الثقل النوعي الأساسي، أو Basic Sp. Gr ، وهذا هو أساس قياس الثقل النوعي وتقديره بقياس الحجم الأخضر. كما وأنه يمكن استخدام سوائل أخرى غير قطبية للإزاحة إذا كان المطلوب قياس الوزن والحجم الجاف. كذلك يمكن تقدير التقل النوعي للعينات الخشبية الصغيرة عن طريق الإزاحة داخل أجهزة سبق ملؤها بالزئبق، وتقدير الحجم الجاف باستخدام الزئيق كسائل إزاحة . هذا وهناك طريقة أخرى لتقدير الثقل النوعي للعينات الصغيرة عن طريق ما يسمى بالمحتوى الرطوبي الأقصى (Smith, 1954) ، وتتضمن الطريقة تشبيع العينة الصغيرة الخشبية بالماء عن طريق التفريغ حتى تمام غمرها تحت سطح ماء مقطر، ثم حساب وزنها عند هذه الحالة، وبعدها تقدير الوزن الجاف ويحسب الثقل النوعي بالمعادلة:

سٿ

m.c هي محتوى التشبع الرطوبي الأقصى

وهذه الطريقة سهلة، وإن كان لها عيوبها حيث إن الماء لا يمكن أن يتغلغل مكان الفراغات البسيطة في الخشب خاصة خشب القلب مما يؤدي إلى أخطاء تصل إلى هـ/ (Stamm, 1964) .

كها أن الثقل النوعي لمادة الجدار الخشبي يتفاوت في قيمه، ويتراوح ما بين الرائنجية، وعلى هذا فاستخدام المرائنجية، وعلى هذا فاستخدام القيم التقريبية ١٩٥٣ ويتج عنه خطأ قد يصل إلى ٢٪، هذا وتتراوح كثافة الإخشاب بصورة كبيرة فالثقل النوعي لاخشاب البالسا حوالي ١١، بينها نصل أخشاب الخشب الحديدي Lignum vitae في العالم تتراوح ما بين ٣٥، إلى ٦٨، في قيمتها لقياس الثقل النوعي عند محتوى رطوبي يصل إلى ١٤٠ (الإسلام النقل النوعي عند محتوى رطوبي يصل إلى حوالي ١٧٪ (Wood Handbook, 1974)

الثقل النوعي لمادة الأخشاب والسليولوز

في الواقع أن هناك اختلافات في الثقل النوعي للأخشاب، وترجع بصور محدة إلى متغيرات كثيرة إلا أن من أهم هذه المتغيرات مكونات الجدار الحلوي الكيميائية، وإذا قيمت كثافة مادة الأخشاب كها هي بالجدار الحلوي فإننا نجد فروقاً قليلة جدًا ما بين الأجناس المختلفة وبعضها خاصة إذا ما اتبعنا طريقة محددة لقياس الكثافة ووسط محمد لتقدير الحجم المستخدم من مادة الجدار الحلوي، فاستخدام الماء كهادة لتقدير الحجم عن طريق الإزاحة نحصل على قيم عالية للثقل النوعي عها لو استخدما سوائل أخرى غير قطبية أو أوساط أخرى غير نافخة مثل استخدام غاز الهليوم ,Richardson) (1961, Mark, 1967)

وفي مشل هذه الأحوال تؤخذ جميع الأحتياطات لإزالة الهواء من الفراغات الصغيرة الدقيقة بالنسيج الخشبي المستخدم، وتستخدم معادلة بسيطة لحساب الثقل النوعي كهايلي: (Schiewind, 1962, Wangaard, 1950)

$$S_c = \frac{W_d(R_1)}{W_c \cdot (W_1 \cdot W_d)}$$
 . . . (4-3) معادلة

حيث ع هي الثقل النوعي لمادة الجدار الخشبي

. W هي الوزن الجاف لمادة الجدار الخلوي الخشبي .

. وزن الماء الكلي المالي لإناء الإزاحة.

R كثافة مادة سائل الإزاحة (الماء).

Wحجم الخشب مع الماء الإضافي لمل وإناء الإزاحة.

ويمكن تقدير الثقل النوعي للمادة الخشبية أو السليولوزية بهذه الطريقة كذلك فقد أمكن تقدير الثقل النوعي للمادة الخشبية بحساب الجسم باستخدام غاز الهليوم المزاح بواسطة حجم المادة الخشبية وقد أوضحت عديد من المراجع الأجهزة التي يمكن استخدامها لذلك (Stamm, 1964).

ويوضح الجدول رقم ١٣ تفـاوت الثقـل النوعي للهادة الخشبية داخل نطاق ضيق باستخدام الماء كسائل إزاحة عند درجة حرارة ٢٥°م (مأخوذة عن Stamm, 1964).

جدول ١٣. الثقل النوعي للبادة الخشبية

الثقل النوعي لليادة الخشبية	الجنس الشجسر	
۸۲۵ر۱	سبسروس	
140ر1	صنوب ر لوبلولي	
17979	صنويسر أصسفر	
٠\$٥ر١	سنديسان أبيسض	

هذا باستخدام عدة أنواع من السوائل كوسط لغمر الخشب لتقدير الحجم بالإزاحة نلاحظ تغيرًا بينًا في القيم المتحصل عليها كها أورد هذا (1964) Stamm. ويلاحظ في الجدول رقم ١٤ أن هناك انخفاضًا في القيم المتحصل عليها مع انخفاض قدرة الانتفاخ التي لهذه السوائل.

جدول ١٤. تباين كثافة مادة الجدار الحلوي حسب تغير سائل الإزاحة (عن: ١٤٤)

كثافة مادة الجدار الخلوي	قدرة الانتفاخ للسائل ٪	سائل الإزاحة
۱٫۰٤۸	1	ماء
۲۷۵ر۱	A۴	كحول إينسيل
۱۸۹ر۱	£0	كحول بروبيل
۸۷٤ر۱	٧ره	كلوروفسورم
۲۷۹ر۱	صقر	بنزيــــن

ويمكن تفسير ذلك بسبب أن جزيئات السوائل النافخة للخشب يتم ترتيبها داخل تكوينات الجدار، وبالتالي تأخذ حجمًا أصغر، كما أن تغلغل الفراغات الدقيقة بالجدار يزيد كها زادت قدرة الانتفاخ في السوائل أي كلها زادت قدرتها على إحداث زيادة انتفاخية في نسيج الجدار الخشيي، ولهذا فإن سائلاً مثل الماء أو سائلاً لا يحدث انتفاحًا مثل البنزين يتساويان من حيث إن كلاً منها لا يعطي قيمة حقيقية لكثافة النسيج الخشبي، فأحدهما يعطي قيمة عالية، والآخر يعطي قيمة منخفضة نسببًا، وهذا ما أدى إلى تجربة أوساط غير نافخة للنسيج الخشبي، وأيضًا غير قابلة للادمصاص على الجندر الخشبية (والسليولوز) مشل غاز الهليوم الذي له قدرة عالية على تغلغل الفراغات الدقيقة بالجدار الخلوي، ويأخذ مقلوب قيمة الثقل النوعي نحصل على قيمة حي قيمة المختجم النوعي نحصل على قيمة حيثانية تنفاوت بدرجة قليلة جدًا حسب وسط الإزاحة إلا أن الهليوم أعطى أفضل البيانات الوسطية بين القيم المتحصل عليها باستخدام ما المختوب بين القيم المتحصل عليها باستخدام موائل غير نافخة كوسط (مثل البنزين وتراكلوريد الكربون) والهليوم كفاز لايدمص على الجدر يعطي بالتياني قيم حجم نوعي أكبرعن الماء (ثقل نوعي أقل) وله القدرة على تفلغل الفراغات الديقة بالجدار الخلوي وكانت القيم في خشب السبروس (spruce) حلي المستخلصات الدقيقة بالجدار الخلوي وحالة الماء وماء والماء وماء والماء وماء والماء وماء إلى الماء أولاً ثم استبدل هذا بالبنزين تكون القيمة ١٩٦٠، وهذا الفرق الغيزي والحجم النوعي راجع إلى الحجم الفراغي (Mark, 1967 Kollmann and Côté, 1968, Stamm, 1964).

وهذا لأن تغلغل الفراغات الدقيقة بالبنزين خلال الغمر لتقدير الحجم يحدث بصورة أفضل إذا تم انتفاخ النسيج الخشبي لجدار الألياف بالماء أولاً، ثم استبدال ذلك بالكحول، ثم استبدال الكحول بالبنزين، وهذا الاستبدال يترك النسيج الخشبي في حالة انتفاخ تسمح بتغلغل البنزين بصورة أفضل في الفراغات، ونلاحظ هنا أن الماء المتبقي بعد إحداث الانتفاخ كهاء مدمص على الجدر الخلوية له ثقل نوعي حوالي 1910 (Stamm. 1964) ما المتبقي في مادة الجدار وثقله النوعي مماً. هذا الماء المتبقي في مادة الجدار وثقله النوعي مماً. هذا المتم حساب حجم هذا الماء المتبقى في مادة الجدار وثقله النوعي مماً. هذا ويتم حساب الثقل النوعي للهاء المدمص على الجدر الخلوية عن طريق الفرق بين الحجم النوعي للهاء المدمص على الجدر الخلوية عن طريق الفرق بين الحجم النوعي متوسط الثقل النوعي للهاء المدمص هو 110، وإن كنا يجب أن نذكر أن كل الماء المدمص ليس له الثقل النوعي نفسه، وهذا راجم إلى درجة انضغاطه في أماكن

ادمصاصه بالجدر الخلوية، فقوة جذب جزيئات السليولوز لجزيئات الماء التي تصل إليها أولاً هي قوة أعلى من تلك التي تجذب بها جزيئات الماء في البداية تكون ضعف اليها أولاً هي قوة أعلى من تلك التي تجذب بها جزيئات الماء معًا (Stamm, 1964))، والمرجع نفسه يحسب أن هذه القوى الأولى للجذب قادرة على إحداث انضغاط للهاء المدمص تجعل ثقله النوعي يصل إلى *۱٫۲۳، ويقدم عديد من المراجع منحنيات خذا مثل Brown et al. في عام 1407 وغيره الذي يبين أن قرب محتوى رطوبي صفر مئوي يكون الثقل النوعي للهاء الملمص حوالى *۱٫۳۳ بين إيكون ۲۱٫۳ عند محتوى رطوبي قدرهة ۲۱٪.

الحجم الفراغسي بالأخشاب

هذا الحجم عبارة عن الحجم الذي لا تشغله مادة الجدار الخلوي، وهذا الحجم الجزئي من الحجم الكلي لقطعة الخشب يقدر حجم الفراغات الكلية بقطعة الخشب بالمعادلة ٢٠٠٦ عند محتوى رطوي جاف (صفر رطوبة).

$$V_v = 100 (1 - \frac{S_{od}}{1.53})$$
 ..(%-7) 3alck

حيث و ٥ هو الثقل النوعي عند حجم ووزن جافين.

وبصورة أخرى يمكن إعطاء معادلة عامة لقياس الحجم الفراغي الفعلي لقطعة الخشب (٧) بالمعادلة التالية (٧ـ٣) وهي مثل التي أعطاها (1964) . Stamm

$$V_v = 1 - S\left[(1/S_c) + (m.s/\varrho s) + (m/\varrho) \right] \dots (V-T)$$
 and the second section $V_v = 1 - S\left[(1/S_c) + (m.s/\varrho s) + (m/\varrho) \right]$

حيث S الثقل النوعي عند الرطوبة المحددة (وزن جاف وحجم أخضر) Sالثقل النوعي لمادة الجدار الخلوي

.m.s الماء المدمص بالجرام لكل جرام من الخشب الجاف تحت تشبع الألياف. m هو المحتوى الرطوبي الحر في الفراغات الشعرية الكبيرة. ١٩٠ تقنيسة الأخشساب

→ والثقل النوعى للماء عند درجة حرارة الغرفة.

→ es الثقل النوعي للياء المدمص.

هذا وفي حالة إمتلاء الجدر الخلوية بالماء (عند نقطة تشبع الألياف) أو نوقها فتعدل المعادلة السابقة لتصبح.

 $V_{_{1}Vp} = 1-S_{_{c}}[(1/S_{_{m,c}}) + (m_{_{v}} + m/\varrho)]$. (A-1) ask

حيث عهي الثقل النوعي لمادة الجدار الخلوي مقدرة في الماء.

الثقل النوعي والمحتوي الرطوبي للأخشاب

المحتوى الرطوبي للأخشاب هو نسبة الماء بالوزن في قطعة الأخشاب إلى الوزن الجاف للقطعة الخشبية ، ويعبر عن المحتوى الرطوبي كنسبة مثوية على أساس الوزن الحاف للخشب، وقمد سبق أن حسبنا بمعادلات (٦-٦)، (٦-٦)، (٨-٦) حجم الفراغات الكلية في قطعة خشبية ذات حجم محدد، وعلى هذا فوزن المحتوى الرطوبي الأقصى بالأخشاب يمكن حسابه كإلى:

$$W_{_{W}}=(V_{_{V}})$$
 (٦٢). . . (٩-٢) معادلة (٦-١) . .

ونلاحظ هنا أن الحجم محسوب بالقدم المكعب.

حيث "Wوزن المحتوى الأقصى من ألماء.

٧٠الحجم الفراغي الأقصى بالخشب.

كذلك فإن ٦٧٫٤ هي وزن قدم مكعب من الماء عند حرارة الغرفة . وعلى هذا فإن المحتوى الرطوبي الأقصى كنسبة تعطى بالمعادلة التالية

$$M_{max} = \frac{W_w}{W_{max}} \times 100 \qquad ... (10-1) \text{ is a substitute}$$

ويمكن اشتقاقها بمعادلات مشتقة من المعادلة (٦-٧) كما يلي ٣٨ - ٢٩ر٠ عند تشبع الألياف حيث إن الحجم الفراغي في الأخشاب عند المحتوى الرطوبي الأقصى صفر فإنه

$$= 1-S(\frac{1}{1.53} + m_s + \frac{M_{max-m}}{1})$$

$$= 1 - \frac{S}{1.53} - S(M_{max})$$

$$M_{max} = \frac{1.53 - S}{(1.53)(S)} ...(۱۱-۱) نامادلة (۱.53)$$

ويمكن حسابها على أساس الكثافة (وزن جاف وحجم جاف) بالمعادلة:

$$M_{max} = (\frac{1.53 - S_{o d}}{(1.53) (S_{o d})}) + (\circ) YA) \dots (\uparrow Y-1)$$
 and the same of the

تباين الثقل النوعي معمليًا

من الأسباب المؤثرة على تباين قبم الثقل النوعي طريقة التقدير مثل استخدام سوائل إزاحة غتلفة في قدرتها على نفخ الخشب أو مدى ادمصاصها بالخشب كذلك فإن وجود المستخلصات الخشبية يعد مؤثرًا مهاً على تقدير كثافة الخشب وإعطاء نتائج متفاوتة حسب كمية المستخلصات ونسبتها، وهذا فقد يلجأ العديد من الباحثين إلى استخلص الأخشاب، ثم إعطاء الثقل النوعي للخشب المستخلص، وعمومًا ففي كل الأحوال يجب توضيح ظروف قياس كثافة الحشب تلك المادة البيلولوجية المتباية في صفاتها الفيزيقية. وقد أوضح عديد من العلماء مدى أهمية ملاحظة إجراء مقارنات الكثافة على أسس عددة وبيان ظروف القياس سواء أكانت في خشب سليم أو خشب الكثافة على أسس عددة وبيان ظروف القياس سواء أكانت في خشب سليم أو خشب

تقنيسة الأخشساب

117

متحلل جزئيًا أو خشب معالج، وتوضيح ما إذا كان التقدير لقيم الثقل النوعي تم على أساس خشب خال من المستخلصات أو خشب بصورته الطبيعية، هذا مع بيان المحتوى الرطوبي الذي قيست عنده الكثافة أو قدر الوزن النوعي (Patterson, 1985).

علاقة الأخشاب بالسوائل Wood Liquid Relations المحتوى الرطوبي الكلي للأخشاب وتقديره

الواقع أن الأخشاب مادة هيجروسكوبية بطبيعتها تكونت في الأشجار داخل وسط مشبع بالماء إلا أنها لكي تستخدم يجب أن يزال منها هذه الكمية من الماء التي ترجد فيها وهي خضراء داخل الأشجار. هذا وتؤثر رطوبة الاخشاب بدرجة كبيرة على كافة صفاتها الفيزيقية والميكانيكية. هذا والمحتوى الرطوبي للأخشاب عبارة عن نسبة الماء المرجود بالأخشاب إلى وزنها الجاف، وهو بهذا يحسب بالمعادلة:

$$M.C.\% = \frac{W_{Gr} - W_{od}}{W_{od}}$$
 . . (۱۳-۹) معادلة

حيث W_{G ه}ي الوزن الأخضر W_{o d} الوزن الجاف

كما سبق أن قلنا إن الأخشاب تتكون في الأشجار داخل وسط مشبع بالماء (Zimmerman et al., 1971) ، وعلى هذا فإن المحتوى الرطوبي للأخشاب الحضراء وإن كان يتباين بين الأجناس الشجرية المختلفة إلا أنه دائيًا أعلى في خشب العصارة عن خشب القلب في سبقان الأشجار فهو يتراوح بين ٣٠٪ إلى ٢٠٠٪ في خشب القلب بالأشجار الصنوبرية بمتوسط حوالي ٥٥٪ في حين أنه يتراوح بين ٩٨٪ إلى ٢٤٩٪ بمتوسط حوالي ٥٥٪ في حين أنه يتراوح بين ٩٨٪ إلى ١٩٨٪ متقاربًا في خشب القلب وخشب العصارة للمخزونات نقسها، بينا يكون في الصالدات متقاربًا في خشب القلب وخشب العصارة (٨١٪ إلى ٣٨٪ على التوالي)، وهذا في المرسط. (Rowell, 1984)).

هذا وتختلف طرق تقدير المحتوى الرطوبي الكلي في الأخشاب بدرجة كبيرة وإن كان الهدف منها جميعًا هو الوصول إلى المحتوى الرطوبي الحقيقي للأخشاب. والطرق المتعارف عليها إلى الآن متعددة، وسنذكرها باختصار فيهايل:

الطريقة التقليدية الوزنية بالتجفيف في الفرن

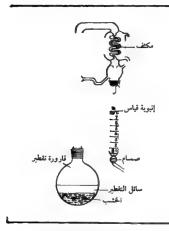
وفي هذه الطريقة يتم وزن قطعة الخشب الخضراء، ثم وزنها بعد التجفيف في الفرن على درجة حرارة ٢٠٠٩م ± ٢ حتى يثبت الوزن، ثم تطرح قيمة الوزن الجاف من الوزن الأخضر وتنسب الكمية إلى الوزن الجاف للخشب كها في المعادلة السابقة (٣-١٣).

طريقسة التقطيسر

يلاحظ أنه عند وضع قطعة من الخشب للتجفيف في الفرن فإن احتواءها على بعض المواد الطيارة (مثل المستخلصات أو المواد الحافظة) يجعل من الصعب استخدام الطريقة الوزنية السابقة، ويفضل في هذه الحالة طريقة التقطير، حيث تؤخذ عينة يتراوح وزنها من ٢٠- ٩٠ جم من الخشب أو النشارة مثلاً، وتوضع في جهاز كها يظهر في يتراوح وزنها من ٤٧ حيث توضع النشارة في دورق ويضاف إليها سائل الاستخلاص حوالي بسخان كهربائي، ثم تتم عملية التقطير، ويستقبل الماء المستخلص في قابلة مدرجة، بسخان كهربائي، ثم تتم عملية التقطير، ويستقبل الماء المستخلص في قابلة مدرجة، كما يظهر بالجهاز في الشكل رقم ٤٧، والمذيبات المستخدمة في هذه الحالة مثل البنزين، وكثافته أقل من الماء مراء، ويقطة غليانه ٣٠/١٠ والتلوين وكثافته الا ١٣٠٧، ويقطة غليانه ٨٠/١٠ والتلوين وكثافته المرء ١١٠م، والتحلوروفورم وكثافة أعلى من الماء والتراكلورو إيثان وكثافته ٢١، ووجبة غليانه ٣٠/١٤ إلى حين توقف تجمع نقطة الماء في القابلية، وهذا يأخذ فترة تتراوح من ٣٤ـ٤٢ ساعة إلى حين توقف تجمع نقطة الماء في القابلية، وهذا يأخذ فترة تتراوح من ٣٤ـ٤٢ ساعة الرطوبي للخشب حيث تدمر الأنسجة الخشبية، وينصح المرجع نفسه باستخدام التلوين أو الزيلين كمذيب لاستخلاص الماء

تقنيسة الأخشساب

178



شكل ٤٧ . جهاز تقدير الرطوبة بالتقطير (عن Kollmann and Caté, 1968) .

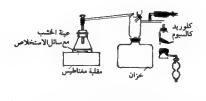
طريقة معايرة Karl Fischer

وقد شرحها كارل فيشر عام ١٩٣٥م، وفصلها بطرق أكثر Eberius عام ومراح من ويوضع شكل رقم ٨٤ الجهاز المستخدم للمعايرة ويلاحظ في هذا الجهاز ضيان غلق الفتحات الزجاجية كافة، وهذا لاستبعاد أي رطوبة جوية يمكن أن تصل داخل الجهاز. ويلاحظ في الجهاز (شكل ٥٠) أن فتحات الجهاز كافة متصل بها أنابيب متعلقة تحتوي على كلوريد الكالسيوم غير المائي، لضيان وصول أي رطوبة جوية داخل الجهاز، والطريقة سهلة تتلخص في قياس الرطوبة في الأخشاب بالمعايرة باستخدام عامل مساعد كارل فيشر الذي يتكون من محلول من البريدين وثاني أكسيد الكبريت واليود مع الميثانول، وهذا المحلول يتفاعل مع الماء في الخشب كما يلي :

$$3 \mathop{C} \bigcup_{C}^{\mathsf{N}} \mathop{C} + \mathsf{SO}_2 + \mathsf{I}_2 + \mathsf{H}_2 \mathsf{O} \Longrightarrow 2 \mathop{C} \bigcup_{C}^{\mathsf{N}} \mathop{C} + \mathsf{H} + \mathop{C} \bigcup_{C}^{\mathsf{N}} \mathop{C} \mathsf{SO}_3$$

ونقطة نهاية التفاعل بالمعايرة يمكن تحديدها لونيًا عن طريق اليود الموجود أو بطرق كهربية، حيث إن الماء الحار يرفع من درجة توصيل المحلول، وهذه الطريقة يمكن أن تستخدم لقياس المحتوى الرطوبي لمواد غتلفة بها فيها الأخشاب وتعطى نتائج مرضية وإن كانت غير عملية، خاصة بالنسبة للكميات الكبيرة من الأخشاب المحتوبة على رطوبة عالية تحتاج إلى وقت أطول (حوالى ٣ ساعات).





شكل ٤٨. جهاز تقدير الرطوبة بالمعايرة (عن Fischer, 1935).

الطرق الرطوبيسة

وفي هذه الحالة بجدث ثقب في الخشب ويتم قياس المحتوى الرطوبي بجهاز قياس الرطوبة النسبية العادي، وهمي طريقة سريعة وإن كانت لا تفضل الطرق التي تستخدم الأسس الكهربائية لقياس الرطوبة بالأخشاب (Kollmann and Côté, 1968)

الطرق الكهربائية لقياس الرطوبة في الأخشاب

وقد صممت على أساس هذه الطرق أجهزة قياس الرطوبة بالطرق الكهربية وقد بدأت في الولايات المتحدة منذ عام ١٩٣٠م، ثم تطورت فيها بعد، وهذه الطرق تعتمد على الخواص الكهربائية للأخشاب وبالذات درجة مقاومتها للتوصيل الكهربي وثوابت الازدواج الكهربي وخواصها الكهربية الأخرى (Brown et al., 1952).

أجهزة قياس الرطوبة بتقدير السعة والتردد الكهربي - Capacity and Radio إن صفات الأزدواج الكهربي للأخشاب ذات علاقة وثيقة بمحتواها الرطوبي، وهذا هو الأساس الذي تعمل به هذه النوعية من ذات علاقة وثيقة بمحتواها الرطوبي، وهذا هو الأساس الذي تعمل به هذه النوعية من أجهزة قياس الرطوبة بالأخشاب حيث يمرر تيار ذي تردد من خلال الكترود يلاصق سطح الأخشاب، ويمكن أن تدرج هذه الأجهزة فعليًا بمعايرتها بطرق تقدير الرطوبة التقليدية، وتعتمد القراءة المتحصل عليها للرطوبة على كثافة الخشب نفسه، وفذا تدرج هذه الأجهزة على أساس متوسط الكتافة للخشب موضع القياس عا يحدث عادة أخطأه معملية في القياس، نظرًا لتباين الكتافة داخل قطعة الخشب نفسها؛ ولذلك يعطى تصحيحًا يعتمد أساسًا على الجنس الشجري للأخشاب، وهذا راجع لاختلاف الكتافة وتباينها من جنس لأخر وداخل الشجرة نفسها من الجنس نفسه.

أجهزة قياس الرطوبة بتقدير المقاومة الكهربية Resistance - Type Moisture : إن مدى الرطوبة الممكن وجودها في الأخشاب يتراوح ما بين الجفاف النام ونقطة تشبع الألياف (٢٨٥-٣٠/ على الأكثر)، وهذا هو المدى الذي توجد فيه الرطوبة بالجدار الخلوي (فوق تشبع الألياف بالرطوبة في الفراغات الخلوية) في هذا المدى

الرطوي (من الجفاف إلى نقطة تشبع الألياف) توجد علاقة خطية استقامية ما بين لوغاريتم المقاومة لمرور التيار الكهري وبين المحتوى الرطوبي، حيث تصبح المقاومة عالية جدًا مع انخفاض المحتوى الرطوبي للأخشاب؛ ولذلك فإن أجهزة قياس الرطوبة بتقدير المقاومة لمرور تيار كهري تدرج لتعمل ما بين محتوى رطوبي بتراوح بين هذا ٥٪، ٨٨٪ في المعتاد وإن كانت الأجهزة التي تدرج لتقرأ نسبة رطوبة أعلى من هذا يكون فيها مقدار الخيطأ وإضحًا، وهناك عادة تصحيح للقياسات حسب الجنس الشجري وحسب المحتوى الرطوبي، وعادة ما يستخدم الجهاز الكترود أو أقطاب معدنية تدفع داخل الخشب في اتجاه الألياف ما بين القطبين ويقرأ التدرج على الجهاز.

وعمومًا فإن مدى دقة قياسات هذه الأجهزة - مثل النوع السابق - أيضًا يعتمد على الجنس الشجري ومدى تباين الكثافة داخله ومحتواه من المستخلصات ونوعيتها والمحتوى المعدني بها.

المحتوى المائي للجدار الخلوي (نقطة تشبع الألياف ـ المحتوى الرطوبي المتزن)

عندما يوجد الماء في الجدار الخلوي فقط، وتكون الفراغات الخلوية خالية عَلمًا منه فإن المحتوى الرطوبي عند هذه الخالة يعرف على أنه نقطة تشبع الألياف -siber sat ويتعبر آخر فإن نقطة تشبع الألياف هي النقطة التي يكون عندها الماء موجودًا في الجدر الخلوية للألياف فقط، ولا يكون هناك أي ماء حر في الفراغات الحلوية للألياف فقط، ولا يكون هناك أي ماء حر في الفراغات الخلوية، وتحسب هذه النقط عادة من منحنيات الرطوية وعلاقتها بالانكياش، وهذا أوضح 1964 مناخلة عنوا على منحنيات علاقات المحتوى الرطوبي بالنظر المعلاقات المحتوى الرطوبي بالمنتوى الرطوبي بالانكياش في الأحشاب يمكن من تقدير نقطة تشبع الألياف بدقة، وبالمثل يوجد هذا التميز الواضح لنقطة تشبع الألياف بدقة، وبالمثل يوجد هذا وحرارة الترطيب كذا في منحنيات علاقة المحتوى الرطوبي ، ويين المحتوى الرطوبي ولين المحتوى الرطوبي والصلابة (stifmess) ، ونقطة تشبع الألياف تقع في مدى واضح للعديد من الرطوبي والصلابة (stifmess) ، ونقطة تشبع الألياف تقع في مدى واضح للعديد من الرطوبي والصلابة (غالم على الكانت تختلف حسب التركيب التشريجي والتركيب

الكيمياثي للأخشاب (Kollmann and Côté, 1968) ، وقد أظهر المرجع نفسه أن نقط تشبع الألياف تكون عالية في الأخشاب المسامية المنتشرة غير مميزة خشب القلب، وفي خشب العصارة من الأخشاب المسامية الحلقية، وتتراوح في هذه الحالة ما بين (٣٢٪ ـ ٣٥٪)، يلي هذا في مقدار نقطة تشبع الألياف المخروطيات فاتحة اللون التي لا يتبخر فيها لون مركز لخشب القلب، ومعها أخشاب العصارة من بقية المخروطيات حيث تبلغ فيها نقطة تشبع الألياف ٣٠٪ ـ ٣٤٪، أما بقية المخروطيات ذات خشب القلب الداكن) ذات المحتوى الراتنجي غير المرتفع فنقطة تشبع أليافها ٢٦٪ - ٢٨٪، وأما تلك المخروطيات مرتفعة المحتوى الراتنجي فنقطة تشبع أليافها ٢٧ ـ ٢٤٪، في حين أن صالدات الأخشاب المسامية الحلقية المنتشرة عمزة خشب القلب الداكن تكون نقطة تشبع الألياف بها ٢٢٪ ٧٤٪ . وهنا تلاحظ من هذه الدراسة أنها يمكن تفسيرها كيميائيًا حسب التركيب الكيميائي للأخشاب وكثافتها ومدى وجود مركبات محبة للماء في المستخلصات، ومدى وجود فراغات من الناحية الفيزيقية داخل التراكيب فوق المدقيقة للجدار الخلوي فتمام شغل هذه الفراغات التي تكون فوق المدقيقة بالمستخلصات (الملونة للخشب مثلًا) أو الراتنجات يخفض من المحتوى الرطوبي الذي يحدث عنده تشبع الألياف ويؤكد هذا التحليل ما أورده Kollmann and Côté, 1968 من أن الخشب الخفيف ذو الفراغات العديدة والمكون في بعض جذور الأشجار يؤكد أن نقطة تشبع الألياف فيه قد تصل إلى ٥٠٪، أما ما يطلق عليه المحتوى الرطوبي المنزن (E.M.C.) فإن المحتوى النوعي يصل إليه قطعة الخشب مع تركها في وسط ما حتى تصل إلى حالة اتزان رطوبي مع الوسط المحيط بها.

ظاهرة الادمصاص بالأخشباب Adsorption Phenomenon in Wood

يب هنا أن نفرق بين ظاهرة الامتصاص (absorption) وهي تعني أخذ سائل داخل فراغات جسم مسامي بصورة ميكانيكية عن طريق القوى الشعرية _ وقوى سائل الجذب السطحي وتعنى الظاهرة التي تتناولها وهي ظاهرة الادمصاص عملية أخذ غاز أو سائل (في حالة بخارية)، أو ذائب من محلول ليدخل إلى التكوين الداخلي لمادة مسامية، أو مسحوق ناعم، أو على مادة غروية منتفخة، وفي معظم الأحيان يكون هذا الاحتفاظ أو الأخذ للغاز أو السائل (في حالمة بخارية) على سطح

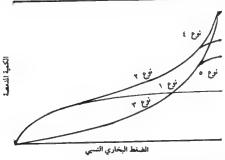
الإدمصاص (adsorbent) بسمك طبقة أحادية الجزيء (monomolecular) وعادة لا يزيد عن طبقة عديدة الجزيء (polymolecular) (نادرًا ما تكون فوق عشرة جزيئات). وعملية الأخذ المبنوة الجزيء (intimate take up) فالمدة تشير إلى أن قوة قوى الجذب بين السطح الذي يتم عليه الادمصاص (adsorbent) وبين المادة المدصة (adsorbate) أقوى من القوى المالخلية الرابطة بين هذه المادة بعضها ببعض، وعادة ما يصاحب عملية الادمصاص النبحاث طاقة حرارية. ومع تفاعل سطح الادمصاص مع المادة المدمصة عليه ليتم سطح الادمصاص والمادة المدمصة عليه يشق عليها chemisorption. أما الترابط بين سطح الادمصاص والمادة المدمصة عليه بقوى ثانوية، مثل الروابط الهيد وجينية أو روابط فان ديرفال، فيطلق على الظاهرة في هذه الحالة الادمصاص الفيزيقي وعملية الادمصاص نفسها تنعكس مع فقد المادة من السطح الذي أدمصت عليه، وهذا ما وسعى desorption.

أما منحنيات خطوط الإدمصاص التجاري (adsorption isotherms) فهي منحنيات للعلاقة ما بين المادة المدمصة على الأسطح حجيًا أو وزنًا وبين الضغط الغازي أو البخاري، أو تركيز المحلول الذي يتم منه الادمصاص عند درجة حرارة ثابتة.

هذا ويمكن أن يحدث الادمصاص على أي نوعية من أسطح الجوامد سواء كانت ناعمة أم خشنة إلا أن طحن المادة الخشبية مثلاً يزيد من قدرتها الادمصاصية لزيادة سطحها النوعي بدرجة محدودة، وذلك لأنها مادة مسامية أساسًا، ولذلك فإن الادمصاص على الخشب لا يعتمد كلية على حجم الجزيئات بعكس الجوامد الأخرى من المواد غير المسامية، كذلك فإن مع ادمصاص الماء (عا يزيد انتفاخ الأخشاب) يدخل الماء إلى فراغات الجدر الخلوية ويضيف إلى حجم النسيج الخشبي عن طريق تكوين سائل جامد (solid solution) وسداً تصبح مساحة سطح التلاقي ١٠٠٠ مرة قدر الفراغات الميكروسكوبية (microscopic) المكن إدمصاص سائل غير نافخ عليها (Stamm, 1964)

أنسواع الادمصساص

يمكن أن نذكر خسة أنواع من منحنيات الامصاص التحارري، كما يظهر في المتحل رقم 9 (المصاص في المنحني رقم 1 هو ادمصاص الشكل رقم 9 (الاحمصاص وحيلة الجزيء، مثل أخذ الغازات على المسطح، ومثل حالات الد المصاص وحيلة الجزيء، مثل أخذ الغازات على الأسطح، ومثل حالات الد chemisorption أما النوع الثاني ويأخذ شكل sigmoid المسطح، ومثل حالات الد polymolecular ، وفيه يزيد معدل أخذ المادة على الأسطح مع زيادة الفضغط البخاري النسبي، ومن أمثلته ادمصاص بخار الماء أو الأبخرة العضوية) على مساحيق المسادن، ومثل أمثلته ادمصاص بخار الماء على السيولوز أو الخشب محدوث نوع الادمصاص الثاني يحدث انبعاث للحرارة. أما النوع الثالث من الادمصاص فيختلف عن الثاني في أن الحرارة المنبعثة تكون قليلة، وفي هذه الحالات تكون قوى جذب المادة التي يتم ادمصاصها ممًا تقارب تلك القوى التي تجذبها للأسطح لتدمص عليها، ومن أمثلتها ادمصاص اليود على غروي السليكا، وادمصاص بخار الماء على البولي إيثلين جليكول، هذا والنوع الرابع غروي السليكا، وادمصاص بغرار الماء على البولي إيثلين جليكول، هذا والنوع الرابع غروي السليكا، وادمصاص في شكل 8 هو حالة خاصة من النوع الثاني، كما في حالة المواد



شكل ٤٩. أنواع الادمصاص الفيزيقي (عن 1964 (Stamm, 1964)

المسامية المتصلبة مثل ادمصاص بخار الماء على غروي السليكا. أما النوع الخامس من الادمصاص فهـ وحالة خاصة للنوع الشالث في شكل 41، وفيه يحد من كمية الادمصاص حجم فراغات المتصلبة الموجودة قبلاً في المادة مثل حالة ادمصاص بخار الماء على الفحم النباتي.

مبادىء الديناميكا الحرارية للادمصاص Sorption Thermodynamics Principles

إن ظاهري الادمصاص وفقد الادمصاص معًا تسميان sorption . هذا وعند حدوث ادمصاص للهاء على الأسطح الخشبية تنبعث حرارة تسمى حرارة الترطيب والمشتب المسلحون الجاف بالماء حتى يصل هذا الجرام إلى نقطة تشيع الآلياف فإن هذه الحرارة تسمى حرارة الترطيب المتكاملة (H) ، وتتراواح ما بين ١٤ إلى ١٩ كالوري الحرام (Kollmann and Côté, 1968) ويشير المرجع نفسه إلى أن حالة ترطيب الخشب تدريجيًا أو جزئيًا ينتسج عنها قيمة أو حرارة السترطيب التفاضلية (differential) للاحرام (BTV 4 رحل ماء). هذا وخلال المراحل الأولى الاحمصاص فإن الطاقة الحرة F تتخفض عن حرارة الترطيب التفاضلية ، ومع ثبات الحرارة والضغط فإن:

$\Delta F = \Delta H - T \Delta S$

حيث تشير S A إلى مقدار التغير في الانتروبيا (عدم الانتظام) بينها A F هي التغير في الطاقة الحرة F ومن الواضح أن التغير في حرارة الترطيب مقداره أكبر من مقدار التغير في الطاقة الحرة. هذا وعند بدء انتفاخ الخشب فإن جزيئات الماء تكون مرتبة بدرجة عالية (انتروبيا قليلة) نتيجة لترتيب جزيئات الماء مع مجاميع الهيدروكسيل بالسليولوزية في الحشب، وهكذا تكون جزيئات الماء مضغوطة مرتبة في المناطق السليولوزية في الحشب، وهكذا تكون جزيئات الماء مضغوطة مرتبة في المناطق السليولوزية بحاري نسبي مقادير كبرة في خشب الكافور من نوع E.regnans ، ويعطي الجدول رقم 10 مقدار هذه الحوارة.

جدول ١٥. حرارة الامصاص لمكونات الخشب.

المكسون	الماه المدمص	کالوري/ جم ΔH	_Δ H/M
الخشب ككل	۱٤٩ر٠	۲ره۱	1.0
الم ولوسليولوز	۱٦٣ر٠	6ر١٧	1.0
السليولوز	۱۳۷ر۰	18,00	1.7
البوليوزس	۲۷۰ر۰	۸ر•¥	11+
اللجنيسن	174ء	117,9	1+8

الصدر: (عن: Browning, 1963).

ويتضح من الجدول رقم 10 أن القيمة Δ Η/Μ ـ كانت تقريبًا متساوية بالنسبة لمركبات المختلفة بما يؤيد الفكرة القائلة: إن هذه المركبات بمسوكة بالقوى للمركبات المختلفة بما يؤيد الفكرة القائلة: إن هذه المركبات المحتملية يرجم إلى كمية مواقع الاحمصاص في كل مكون. هذا وكمية قوى الضغط التي تؤدي لترتيب الماء المدمص وضغطه مكنت كلاً من Stamm and Hansen من حسابها في عام ١٩٣٧م بالمادلة كها ذكرها (1964).

$$p = \frac{RT}{M} Ln \mu$$
 . . (۱٤-٩) معادلة

حيث إن P هي ضغط الانتفاخ في الخشب لادمصاص الماء R ثابت الغازات T الحرارة المطلقة M الوزن الجزيئي للماء (=١٨)

μهي الضغط البخاري النسبي

وأمكن حسابها بأنها تساوي

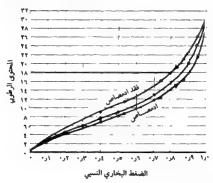
 $P = 2311 \text{ Log } \cdot \mu_1 (K_g/\text{cm}^2)$

وقد ذكر المعادلة أيضًا (Kollmann and Côté (1968) بصورة محورة .

ومن الملاحظ أن P هذه تعكس بوضوح مدى قوة الشد الواقعة على الجدر الخلوية في الفراغات الشعرية خلال الانتفاخ أو الانكهاش في الأخشاب.

تخلف الادمصاص Sorption Hysteresis

أثبتت عديد من الأبحاث أن كمية الماء المكن ادمصاصها بالخشب أو السليولوز لا تعتمد فقط على الضغط البخاري النسبي، ولكنها أيضًا تعتمد على ما إذا كانت المادة السليولوزية رطبة وفي طريق الجفاف، أو جافة وفي طريق الترطيب. ومن الشكل رقم • ه يظن أنه عند الضغط البخاري نفسه في أنشوطة الادمصاص نجد أن خط فقد الادمصاص أي نقطة عليه لها محتوى رطوبي أعلى من تلك في منحنى الادمصاص، وهذه الظاهرة تسمى تخلف الادمصاص، فإذا بديء بقطعة من الأخشاب الخضراء وجففت رتكون نقاطها على منحنى فقد الادمصاص)، وبعد جفافها تمامًا يعاد ترطيها (تتبع منحنى الادمصاص) فإننا نلاحظ أنه عند أي ضغط



شكل ٥٠. تخلف الاسصاص في الأخشاب

بخارى نسبى لا تحتوى القطعة نفسها من الخشب على المحتوى الرطوبي نفسه، فمن الشكل نلاحظ أنه عند ضغط بخاري ٨ر • فإن منحني الادمصاص يمثل محتوى رطوبيًّا ١٤٪، في حين أنه في دورة التجفيف أي منحنى فقد الادمصاص عند الضغط البخاري نفسه كانت النقطة تمثـل محتـوى رطـوبيًا ١٨٪، وهذا راجع إلى تخلف الادمصاص تلك النظاهرة التي يفسرها بسهولة وجود مناطق عديدة داخل تركيب الميكروف برلات السليولوزية منتفخة في الحالة الخضراء للخشب عن طريق وجود جزيئات ماء مرتبطة بروابط هيدروجينية مع مجاميع الهيدروكسيل على سلاسل السليوليوز، وعند تجفيفها بفقد جزيئات الماء (تتبع منحنى فقد الادمصاص) تتلاصق سلاسل السليولوز وتتلامس، وهذا يؤدي إلى تكوين لروابط بين السلاسل السليولوزية في الأماكن التي كانت تحتلها جزيئات الماء بين السلاسل تتحول لروابط شبه دائمة بمواقع مجاميع الهيدروكسيل بين سلاسل السليولوز المتجاورة التي تشبع بعضها في هذه الحالة مع إعادة الترطيب فإن بعضًا من هذه الروابط التي تكونت مع تلامس السلاسل السليولوزية يصعب تكسيرها بإحداث الترطيب، ولهذا لا يتم أخذ جزيثات الماء في المواقع كافة الممكنة بالسلاسل السليولوزية، وهكذا تصبح مواقع ادمصاص جزيئات الماء أقبل عما كانت عليه في الحالة الخضراء وتصبح كمية الماء المأخوذ عند الضغط البخاري نفسه أقل من الحالة الخضراء لمجرد أن هناك مواقع على السلاسل قد تم شغلها تمامًا بروابط جانبية لم يمكن تكسيرها عند إعادة الترطيب، وهكذا يتخلف منحنى الادمصاص عند منحني فقيد الادمصاص في كمية الرطوبة عند الضغط البخاري نفسه ومذا تظهر أنشوطة الادمصاص التخلفية.

ظاهرة الانتشار في الأخشاب Diffusion Phenomenon in Wood

الانتشار ظاهرة تتضمن الحركة التلقائية لمادة ذاخل مادة أخرى من منطقة تركيز مرتفع إلى منطقة تركيز منخفض في محاولة لمعادلة التركيز مما يزيد من عدم الانتظام أو الانتروبيا، وفي حالة الأخشاب (أو أي مادة مسامية قابلة للانتفاخ) فإن هذا يتضمن حركة غاز أو بخار خلال الفراغات البنائية، أو حركة الماء المرتبط بالأسطح، وهذا يختلف عن مجرد حركة سائل في جسم مسامي كحركة شعرية تحكمها القوانين الشعرية.

ويمكن شرح ظاهرة الانتشار من خلال قانون Fick الأول للانتشار الذي ينص على أن:

dm/dt = -D(de/dx) dy dz

وهذا يعني أن معدل انتقال الكتلة في وحدة الزمن يتناسب مع معدل التغير في التركيز في الجاء عدد في وحدة المساحة، و هم هابت التناسب أو معامل الانتشار، وعند وجود تركيزين ثابتين حول حاجز مسامي يتولد تدرج عبر سمك هذا الحاجز الفاصل بين الوسطين، وفي حالة الأخشاب غر الرطوبة عبرها من وسط عالي الرطوبة إلى وسط جاف داخلها، وهكذا تصبح قطعة الخشب مثل حاجز تحيلي يمر عبر جزيئات الماء مكونة تدرجًا رطوبيًا عما يزيد من معامل الانتشار كلما زاد التركيز (فرق التركيز) وعند حدوث الانتشار في وسط ما تكون الحالة غير ثابتة، وتصبح أكثر تعقيدًا وسيشرحها قانون Fick الذي ينص على أن:

$dc/dt = D (d^2c/dx^2)$

الذي يمكن أن يترجم على أساس أن معدل التغير في التركيز عند أي نقطة في وسط الانتشار في اتجاء محدد يتناسب مع معدل تغير التركيز في المسافة المحددة (Stamm, 1964).

هذا ومعدل انتشار الماء المرتبط بالأسطح في الخشب يتحكم فيه الضغط البخاري للهاء سواء كان هذا في الطور الغازي أم السائل، وعلى هذا فإن انتشار الماء المرتبط بالأسطح هو ظاهرة جزئية، وليست ظاهرة حركة كتلة سائل، ويظهر في ذلك أن حركة جزيئات الماء ستكون في هذه الحالة بجبرد قضرات جزيئية عشوائية والمسائل الموردة أيضًا Stamm في سنة ١٩٦٤م حيث يقول بأن جزيئات الماء ستقفز من نقطة رطبة إلى نقطة أقل رطوبة، أو من موقع ادمصاص إلى موقع ادمصاص آخر داخل تركيب الحشب، وهذا يجدث عندما تصبح قوى جذبها للنقطة الجديدة بالإضافة إلى الشغل اللازم لفتح موقع ادمصاص جديد

أكبر من قوى جلبها في موقعها السابق، وهذه الحركة الجزئية تبدأ في التأثير بعد وجود تدرج رطوبي في قطعة الخشب. وعمومًا فإن انتشار الماء في الخشب يشمل حركة بخار الماء وحركة الماء المرتبط بالأسطح (المدمص).

صور الماء في المادة الخشبية

الماء الموجود في الأخشاب يوجد على عدة صور، فالواقع أن الأخشاب تتكون في الأشجار داخل وسط ماثي بل إن تركيب النسيج الخشبي يوجد معه جزيئات من الماء مرتبطة بالمكونات الكيميائية للخشب (السليولوز والبوليوزس) بروابط هيدروجينية. هذا وصور الماء في الأخشاب يمكن أن تتلخص فيهايل:

۱ ـ الماء التكويني Water of Constitution

وهذا هو الماء الذي يدخل في تكوين الأخشاب، وهو ليس ماء في صورته الفعلية إلا عنـد رفـع حرارة الأخشـاب مما ينشأ عنه انفصال مجاميع الهيدوكسيل التي على السليولوز، ثم إعادة تجميع بعضها ليعطي جزيئات ماء.

Y - الماء المرتبط بالأسطح Surface Bound

وهذا الماء إما أن يكون مرتبطًا بالأسطح الخشبية في شكل طبقة وحيدة الجزي. وإما أن يكون مرتبطًا (مدمص) في شكل طبقة عديدة الجزيئات، وهذا الماء مرتبط بالأسطح بقوى اليكترستاتيكية (روابط هيدروجينية وفان ديرفال).

T _ الماء المتكثف شعريًا Capillary Condensed

وهذا الماء هو المتكنف في الفراغات الشعرية الدقيقة التي تبلغ Y/, من حجم الجدار الحلوي، ويتحرك بالحناصة الشعرية حسب القانون p = 2 و قوة بخلب الشعري و p معامل الجذب السطحي للسائل و p هي نصف القطر الشعري. ولحركة الشعرية للهاء المتكنف شعريًا تحدث في الفراغات المتناهية الصغر (حتى حجم الجزيئات) أو الميكروسكوية بالجدر الحلوية ما بين ضغط بخاري نسبى p0، وضغط

بخاري نسبي ٩٥، وضغط بخاري ٩٩٥، ويحدث هذا في الفراغات الميكروسكوبية بعد تشبع الجدر الخلوية ويمكن أن يصل إلى ٥٠ 1٪ من الوزن الجاف حسب ما أورده (1964) Stamm (من أن الاخشاب اللينة ذات الكثافة ٤٠، (وزن وحجم جاف) ومتوسط قطر فراغات خلوية قدره ١٥ ميكرون يمكنها أن تحوي ١٥٠٪ من وزنها فوق نقطة تشبع الألياف. وعلى هذا فإن الجدر تدمص ٣٠٪ من وزنها ما بين صفر ضغط بخاري إلى ٩٩٥، حتى إلى ٩٩٥، عند ضغط بخاري (540، حتى المحروي ١٥٠٪ عند ضغط بخاري (540، حتى)

وعمومًا فإننا عندما ننظر إلى الأخشاب بالتحليل السابق فإننا فعلاً ننظر إلى مكوناتها من السليولوزس (عديدات التسكر) بصورة كبيرة والواقع أن خواص علاقات الأخشاب بالادمصاص مثلاً يتفاوت مقدار تأثير كل مركب عليها فالسليولوز يؤثر بمقدار 27٪ في صفات ادمصاص المادة الخشبية في حين أن عديدات التسكر يؤثر بمقدار 77٪ واللجنين بمقدار 77٪ (بدران وعزت قنديل ، 1974م).

حركسة المساء في الأخشساب

في الواقع أن حركة الماء في الأخشاب يمكن أن ينظر إليها من منظور مكون من شقين، أولها ما فوق نقطة تشبع الألباف حيث الجدر الخلوية كلها مشبعة بللاء، وحيث الحدر إولها ما فوق نقطة تشبع الألباف حيث الجدر الخلوية كلها مشبعة بللاء، وحيث المداء الحر في الفراغات الشعرية تحكم فوق الجذب الشعري، ونلاحظ هنا أن هذا لا يعني أن جميع فراغات الخشب الدقيقة تحوي ماتم بل إن الحشب الأخضر في السيقان الشجرية به مناطق تضم كمية من الهواء، وهذا ما أوضحه (1964) Stamm . أما الشق الثاني لحركة الماء في الأخشاب فهو حركتها تحت نقطة تشبع الألباف، وهذا عبارة عن حركة ماء مرتبطة بالأسطح الحشبية داخل الجدر الحلوية عمر تدرج رطوبي واضح، وتحكم حركة الماء في هذه المرحلة قوانين الانتشار المختلفة. هذا والماء في صورته البخارية يمكنه الحركة سواء تحت نقطة تشبع الألباف، أو فوقها. ونلاحظ أن عديدًا من البحوث تذكر أن حركة الماء فوق نقطة تشبع الألباف، المؤذة المناء في مداها الواسع (تحت أو فوق نقطة تشبع الألباف) يمكن النظر

إليها من منظور الانتشار كظاهرة (Stamm, 1964, Kollmann and Côté, 1968) . وقد أوضح العالم (1963) Choong طبيعة حركة الماء في المدى الهجر وسكوبي، وأظهر أن دور الماء المرتبط بالجدر وحركة البخار المائي يتباين مع المحتوى الرطوبي ودرجة الحرارة والـتركيب البنائي. وقد لاحظ زيادة كمية الماء المرتبط بالأسطح في الحركة مع زيادة الرطوبة والحرارة، كما كانت حركة هذا الجزء المرتبط بالأسطح أعلى ما يمكن في الاتجاه القطرى، وأقبل في الاتجاه البطولي الموازي للألياف. ومن الواضح أن حركة الماء بالخاصة الشعرية تعتمد على حجم الفراغات الشعرية فكلياقل قطر الفراغات الشعرية كليا زادت قوة جذب الماء وارتفاعه فيها (الخاصة الشعرية). هذا والحاسب الدقيق لحركة الماء الشعرية من الصعب قياسها؛ نظرًا لتفاوت حجم الفراغات بالجدر الخلوية ودور الأغشية النقرية (Collmann and Côté, 1968) . هذا وقد أرجع (1964) Stamm ظاهرة التداعي (collapse) في الأخشاب (والتي تحدث عند تجفيف أخشاب خضراء بصورة مفاجئة وغير سليمة إلى فعل القوى الشعرية، حيث ذكر أن تقدم التجفيف، وظهور فقاعات ذات أقطار دقيقة في الفراغات الشعرية، مع تناهي صغر قطر هذه الفراغات الشعرية فإن القوى الشعرية المتولدة (نتيجة لفقد الماء وقوى الجذب السطحي للهاء على الجدر) تتعاظم فتصبح مع الفراغات الشعرية كبيرة حتى تفوق هذه الفوى مدى قوة تحمل الجدر الخلوية التي تتداعى وتنهار تحت فعل القوى الشعرية المتعاظمة داخل الفراغات الشعرية بالجدار. والواقع أن تفسير ذلك سهل إذ أنه مع تقدم فقد الماء، وتكوين أغشية شعرية بالنقر والفراغات الميكروسكوبية يتكون نقص في الضغط البخاري مما ينشأ عنه تعاظم الشد الهيدروستاتيكي على الجدر متجاوزًا بهذا حد التناسب لقوة الانضغاط العمودية على الألياف بالجدر (تبلغ ٣٤كم/ سم ١)، وهذا يقابل ضغفًا بخاريًا نسبيًا قدره ٢٥٠ر، على أن يكون قطر الأنبوبة الشعرية = ٢ر٤×١٠٠ اسم) وهذا يمكن وجوده في عديد من فتحات النقر بالمخروطيات , (Kollmann and Côté, 1968, Stamm, 1964)

هذا وإذا نظرنا إلى قوانين الانتشار فقط لتفسير حركة وفقد الماء خلال التجفيف فإننا نكون قد أهملنا التشكل والتشوه اللذان يحدثان في سلاسل السليولوز والمصاحبان لعملية فقد الماء ، وقد أظهر ذلك (1964) Hart ، وأظهر أن التشكل الحادث مع الزمن في سلاسل السليولوز قد يؤثر على تفهم الظاهرة في وجود قانوني Fick للانتشار فقط، والنظر إلى عملية فقد الماء بالتجفيف كظاهرة انتشار قد شرحه عديد من العلماء ، وقد تناول الباحثون ظاهرة حركة الماء وفقده كنموذج عمائل للتوصيل الحواري في المواد، واستعمل لهذا مفهوم Fourier باستخدام حركة أحادية الاتجاه لعملية تجفيف الخشب (Kollmann and Côté, 1968)

ومن هذا المفهوم يمكن تقدير زمن التجفيف اللازم وحسابه في ضوء الرطوبة والكثافة والتركيب التشريحي. هذا وقد تناول (1964), Stamm عملية التجفيف كظاهرة انتشار وحسب منها ثوابت انتشار نظريًا وهذه الثوابت هي المؤثرة على معدل عملية فقد الماء أو التجفيف بالاختساب، وقد شرح Stamm هذا الموضوع على أن حركة انتشار الكتروليت في تركيب معقد من الفراغات الشعرية بالحشب ما هي إلا عمائلة للتوصيل الكهربي في هذا التركيب المعقد نفسه. وعلى هذا فإن الانتشار في الفراغات الخلوية يكون تجميعيًا على التوازي في الاتجاه الطولي ومقلوب ثابت الانتشار بالمثل، ومن هذا توصل إلى المعادلة التالية للانتشار الماسي للهاء في الخشب.

$$D_{t} = (V/V_{o}) \times \begin{bmatrix} & & & & & & & & & \\ & & & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & \\ & & & & & \\ & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & \\ & & & & & \\ & & & \\ & & & & \\ & & & \\ & & & & \\ & & & \\ & & & & \\ & & & \\ & &$$

وهذه المعادلة ماخوذة عن (1964) Stamm . وفيها أن ٧٧٠هي متوسط الحجم النوعي للخشب بين الحالة المنتفخة والحالة الجافة مقسومة على الحجم النوعي للخشب مع الماء، وهذا المقدار بحول القيمة بالمعادلة من حجم المادة الخشبية إلى حجم الخشب.

وفي المعادلة ,m= متوسط عدد الفراغات الخلوية بالألياف/ سم في اتجاه القطاع العرضي للألياف.

متوسط الفراغات في القطاع العرضي ما بين الحالة الجافة والخضراء،
 ويحسب من الثقل النوعى في الحالة الخضراء والجافة.

L = هو متوسط سمك الجدار الحلوي المزدوج.

L_p - سمك جدار غشاء النقرة .

.D_{v1} معامل الانتشار الحر لبخار الماء.

D = معامل الانتشار للماء المرتبط بالأسطح.

q = الجزء من الجدار الخلوي المغطى بالفتحات النقرية.

من المهم مراعاة كيفية حساب ثوابت المعادلة ومتغيراتها قبل استخدامها للتطبيق، عامًا بأن ثابت انتشار بخار الماء الحريجسب بالمعادلة

D, = 0.220 (T/273) 1.75 (760/P)

التي أعطاها (1964) Stamm في صفحة ٤٣٧ من مرجعه .

انتفاخ الأخشاب وانكياشها

Swelling and Shrinkage of Wood

أساسيات انتفاخ الأخشاب وانكهاشها

تتكشف جميع الغرويات الهيجروسكوبية كافة مثل الخشب في وسط مائي ، ويترتب على هذا فقدها لبعض محتواها الرطوبي مع أي تجفيف، وهذا عادة يصاحبه تغير في أبعادهما الأصلية. والواقع أن اكتساب الماء بالادمصاص يواكبه زيادة في حجم الغروي (انتفاخ) كما أن فقد الماء يرافقه نقص (انكهاش) في أبعاد حجم الغروي (الخشب) بها يوازي حجم الماء المدمص، وهذا الانتفاخ أو الانكهاش يمكن تقديره بغرض ثبات حجم الفراغات الميكروسكوبية بالخشب خلال اكتساب الماء أو فقده. وحسب تعريف (1964) Stamm فيمكن تعريف الانتفاخ أو الانكهاش على أنه الزيادة أو النقصان في أبعاد المادة الغروية نتيجة لادمصاص أو فقد المادة المدمصة على الأسطح والمرتبطة بهذه الأسطح في شكل محلول جامد داخل الغروي.

وحتى يتم التغر في أبعاد الحشب أي سطح الادمصاص فيجب أن يكون هذا السلح المسلم المنعن في أبعاد الحشب أي سطح المسدم (المدونة، وحتى يمكن أن يحدث الانكاش أو الانتفاخ فهناك شروط يجب توافرها من حيث إن سطح الادمصاص يجب أن يكون من الجوامد اللذنة، كما يجب أن يتوافر للمادة المدمصة قابلية شديدة لسطح الادمصاص تؤدي لتكوينها عاليل جامدة يصحب تكوينها انبعاث حرارة، وهذا هو الحادث في حالة الحشب والماء ممًا (1964) Stamm (1964). والواقع أن الماء يتم ادمصاصه في الأخشاب أسامنا بالمناطق السليولوزية وعديدات التسكر في السليولوزيتم ذلك في المناطق المروفية من الميكروفبرلات حيث تؤخذ جزيئات الماء المتربط بروابط هيدروجينية على أسطح السلاسل السليولوزية وبينها. وعلى أسطح المناطق البلورية وبينها. وعلى أسطح المناطق البلورية (وهبو عور المناطق البلورية نفسه في السليولوز). هذا وتختلف درجة الانكاش أو (وهبو عور المناطق البلورية نفسه في السليولوز). هذا وتختلف درجة الانكاش أو الانتفاخ حسب الجنس الشجري، وحسب السائل المدمص كما يظهر في الجدول رقم 17.

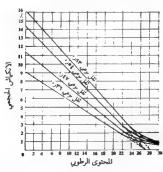
العوامل المؤثرة على الانكهاش والانتفاخ

هناك العديد من العوامل الداخلة في عملية تغير أبعاد الخشب مع تغير محتواه الرطوبي، ومن أهم هذه العوامل الكثافة ودرجة حرارة الوصط المحيط وكثافة الأخشاب (أو ثقلها النوعي). هذا ويلاحظ أن الكثافة لها تأثير كبير على انكهاش الاخشاب وانتضاخها والشكل وهم ٥١ يوضح تأثير الكثافة على الانكهاش الكلي للأخشاب، وواضح من الشكل أن الانكهاشات في الأخشاب تزيد مع خفض المحتوى المائي بها،

جدول ١٦. النسبة المتوية للانتفاخ الكلي في الأخشاب

المذيب		الجنس الشجسري				
	الجسور	السزان	 الصنويسر			
الماء	۳ر۱۵	۱ر۲۱	_			
كحول ميثيال	1158	1451	٥ر١٤			
كحول إيشيل	155	1%	۲ر1۶			
كحول بروبيـل	1.0	٤٣٦٤	754			
كحول ببوتيال	٧,٧	£رA+	_			
حمض فورميك	۸ر۱۷	147	€ر•۲			
حض خليسك	٠ر١٤	۰ر۲۴	1458			
حمض بروبيونك	۱۲٫۰	17/1	_			
حمض ببوتريك		3,44	1474			
بېرىدىـــن	1457	۲رم۲	۸۳۸			

المصدر: الجدول معدل (عن Browning, 1963)



شكل ٥١. علاقة الكتافة بالانكهاش الكلي في الأخشاب. (عن Brown et al., 1952)

ويلاحظ أن هذه الانكياشات تقل أو تختفي فوق نقطة تشبع الألياف بصورة عامة ؟ وفذا يلاحظ في المنحنى أن مد الخط المستقيم ليتقاطع مع المحور السيني يعطي نقطة تشبع الألياف تقديريًا إلا أن هناك أخشابًا مثل الكافور ينكمش عند محتوى رطوبي فوق نقطة تشبع الألياف، خاصة إذا جففت أخشابه على حرارة مرتفعة، وهذا يظهر أيضًا في السنديان الأحمر إذا استخدمت أيضًا ضغوطًا نسبية عالية في بداية التجفيف، ويفسر هذا الانكياش فوق نقطة تشبع الألياف في ضوء حدوث انهيارات خلوية وتداع ما بالجدر بالجدرية (Stamm, 1964).

هذا ويلاحظ أن متوسط نسبة الانكياشات الكلية للثقل التوعي يوازي ٢٦ في المخروطيات و٢٧ في الصالدات، وهذا تقريبًا يساوي متوسط نقطة نشبع الألياف إذا عبر عنها كنسبة مشوية لحجم الماء (سم ٣) بالجدار لكل جرام من الوزن الجاف للخشب، وإن كان أقبل من نقطة تشبع الألياف بصورتها المعروفة (وزن الماء لوزن الحشب) وهو ما يوازي ٣٠٪ عادة (5xamm, 1964). والمعادلة التالية توضع العلاقة بين الانكياش الحجمي ونقطة تشبع الألياف والكثافة.

المادلة (١٥-٦). . V_i = fG

حيث ٧= الانكماش الحجمي الكلي f= نقطة تشبع الألياف

G = الثقل النوعي

وهذه العلاقة تنطبق على حالة الانكهاش أو الانتفاخ في الأخشاب، ويتضح منها أن الانكهاش يزيد في الثقل النوعي، وهذا يحدث ما دامت الانكهاشات لا تحدث داخل الحشب، أى أن الفراغات داخل الخشب تظل عتفظة بأبعادها، وقد ذكرتا هذا أنّمًا

احسب، بي أن المراعات داعل احسب نقط عنطف ببعدها و وقد دوره عده المعا على أساس أنه شرط نظري حقيقي لحلوث الانكياشات الكلية بصورتها المعروفة ، وقد أثبتت عديد من الدراسات الميكروسكوبية أن التغير في حجم الفراغات الخلوية ضئيل جدًا مع الانكهاشات، ويفسر هذا عمليًا على أساس أن الموضع الحلزوني للميكروفبرلات في طبقات الجدار الحلوي المتنالية يعادل بعضه في الانكهاشات، ويمنع للميكروفبرلات في داخل الجدار الحلوي المتنالية يعادل بعضه في الانكهاشات، ويمنع الانكهاشات في داخل الجدار الحلوبي في ضوه دراسات (1964) المقال القي ظهر أن كنافتها حوالي ٢٩٢ لمادة الجدار الحلوبي في ضوه دراسات (1964) المثقل الذي يوازيه حجم نوعي ٢٨٦٦ وجهذا يكون حجم المادة الحشبية تامة الانتفاخ لكل جرام من الحشب ٢٦٦٦ - ٢٩٢ و ١٩٠٠ ووضرب هذا في نقطة تشبع الألياف على أساس حجم الماء بالوحدة الوزنية من الحشب يعطي الانكهاش الحجمي للحشب حتى الحالة الجافة (٥٠ و١ ×٧٧) = ٥ و٨٨٪ أما الانتفاخ = ٢٤ و١ ×٧٧ الحجمي للحشب حتى الحالة الجافة (٥ و ١ ×٧٧) = ٥ و٨٨٪ أما الانتفاخ = ٢٤ و١ ×٧٧ الموجمي لمادة الجدار في الحشب من الحالة الجافة للحالة تامة المنال إزاحة مثل البنزين فتكون ٤٤ را وبالتالي يصبح الرقم السابق ٣٩٪ فقط الإلاسات المعملية العديدة تظهر أن هذه القسمة تتراوح بين ١ (٥٤ % و٤٤٪) و٤٤ و٤٤٪

وعلى هذا يظهر أن انتفاخ أو انكهاش مادة الجدار الخلوي الخشبية بالماء يحدث فيها أن يضيف الماء حجمه لحجم الجدر الخلوية مع إهمال أي تغير في حجم أي فراغات داخل الجدر الخلوية، وعلى هذا من الناحية العملية يهمل الحجم الفراغي بالجدار الحلوي والخشبي، وهذا يؤيد الفرض النظري عند حساب الانكهاش أو الانتفاخ الذي سبق ذكره أنفًا. أما تأثير الحرارة على الانكهاشات في الخشب فقد أظهر مرافع حرارة الحشب ويتناقص مع زيادة معدل مرعة التجفيف، ويلاحظ أيضًا أن الانكهاش الحجمي للخشب تأثر بالحرارة أو معدل التجفيف تحت عتوى وطوي ٢٥٪.

تباين الانكهاشات والانتفاخات في الأخشاب

إن السلوك الانيزوتــروبي للأخشــاب يظهــر جليًّا في تبــاين الانكـــاشـــات في الاتجاهات المياسية القطرية والطولية والواقع أن هذا السلوك الانيزوتروبي (المتباين في الاتجاهات الثلاثة) للخشب حيث يبلغ الانكياش في الاتجاه المياسي هر٣ مرة قدرة في الاتجاه القطري. وهذا له عدة تفسيرات نذكرها باختصار فيهايل:

١ ـ يزيد الانكاش الماسي عن القطري في الأخشاب بسبب أن خلايا الأشعة الخشبية تمتد طوليًا عبر القطاع القطري مثبتة بهذا القطاع القطري فلا تتغير أبعادها مع تغير درجات الرطوبة قدر ما تتغير الحلايا في الاتجاه الماسي، وإن كان لهذا تأثير صغير في التباين بين الانكاشات الماسية والانكاشات في التباين بين الانكاشات الماسية والانكاشات في الاتجاه القطري.

٢ ـ وضع حشب الصيف (الذي ينكمش أكثر لكبر ثقله النوعي) وحشب الربيع على التوازي في القطاع الماسي؛ وهذا فإن خشب الصيف ينكمش أكثر جاذبًا معه خشب الربيع؛ وهذا زيد الانكهاش مماسيًا، أما في القطاع القطري فإن خشب الربيع يكون على التوالي مع خشب الصيف؛ وهذا فإن انكهاش كل منها لا يضاف للآخر.

٣ - إن توزيع الميكروفيرلات يكون بصورة دائرية حول النقر المضفوفة التي تكثر في الأبعاد معدمة لحركة الخلايا؟ في القطاع القطري، وهذا التوزيع بجعل حركة التغير في الأبعاد معدمة لحركة الخلايا؟ وهدذا لا تتكمش عاسيًا أكثر وإن كان ذلك حسابيًا يمكن تقديره بفرض أن زاوية الميكروفيرلات حول النقر على القطاع القطري ٤٥٪ وحتى إذا كانت الزاوية نفسها على الجدر الماسية صفرًا (أي موازية لمحور الخلية) فإن نسبة التغير في البعد على الجدار الماسي إلى القطري تكون كما أوردها (1964) جتا صفر / جتا ٤٥٠ - ٢٤٠١، أي لا تصل إلى شرح الفرق بين الماسي إلى القطري كله (الذي يصل إلى ٥٠٣ مرة).

٤ ـ جزء كبير من البعد المهامي في الخشب مكون من صفائح وسطى مركبة أكثر ما حدث في حالة البعد القطري (الاتجاه المقطري) وعلى هذا فإن الانكهاش في الاتجاه المهامي يشمل جدرًا قطرية أكثر سمكًا في جلتها، وبالتالي تنكمش أكثر من غيرها. وعلى هذا فإن الكمية الكلية للهادة الخشبية في الاتجاه المهامي تكون أكبر من الاتجاه القطري، وحتى يمكن أن يكون هذا هو العامل الرئيس المؤثر في التباين بين

الانكهاش القطري والماسي يجب أن يكون السمك في الاتجاه الماسي ٠٠٪ أكثر منه في القطري عل الأقل، وإن كان هذا لا تؤكده الدراسات الميكروسكوبية للخلايا.

وباستعراضنا للأسباب المختلفة والتفسيرات المقدمة لشرح التباين في الانكباش المقطري والماسي يمكننا أن نقول إن نسبة الانكباش المياسي إلى القطري التي تصل إلى ٥ و ٥ مرة يمكن شرحها ببعض من التفسيرات السابقة ؛ إذ إن أي تفسير منها بمفرده لا يمكن أن يشرح التباين بين الانكباشين القطري والمياسي، خاصة وأن هذه الانكباشات تتباين بصورة كبيرة حسب طبيعة الجهود الداخلة في عملية الانكباش، ؛ إذ إن البيانات التي توردها جميع المراجع تؤكد أن نسبة الانكباش القطري إلى المياسي تتباين من ١٠ و إلى ٢٠ مرة حسب طبيعة معدل التجفيف وبالتالي الجهود المتولدة خلال التجفيف (كلمسمر) (كلمسمر).

هذا وعملية الانكياش أو الانتفاخ يصاحبها جهود قد تؤدي إلى تغيير النسبة بين الانكياش المياسي والقطري، كيا وأن ضغوط الانتفاخ تعد عالية في حالات الغرويات المسامية مثل الحشب ومع ثقل نوعي \$1 فإن ضغط الانتفاخ يصل إلى ١٣ ألف رطل/ بوصة ٢ ، وبالنسبة للجدار الحلوي (٦١٤٦) فإن هذا يصل إلى ١٧ ألف رطل/ بوصة ٢ عمليًا، وإن كانت الحسابات النظرية تقود إلى ضعف هذه القيمة (Stamm, المحروف أن عددًا من الحضارات القديمة استخدمت ضغط الانتفاخ في الحشب لقطم (الجرانيت) كيا فعل الفراعنة .

الخواص الحرارية للأخشاب Thermal Properties of Wood

مقدمسة

علاقة الأخشاب بالحرارة مهمة للصناعات الخشبية ومعالجة الأخشاب وتجفيفها ومن المعروف أن الأجسام الصهاء مع وفع حرارتها يصاحب ذلك تباعد بين الجزيئات المكونة لهذه الأجسام، وهذا يؤدي إلى زيادة في الأبعاد الطولية، وزيادة في الحجم، وعلى هذا فإن زيادة الطاقة الداخلية لحجم معين من الخشب يصاحبه زيادة حركية لجزيئاته، وبالتالي زيادة المسافة بين هذه الجزيئات بما يؤدي إلى تمدد طولي وحجمي لقطمة الحشب.

والتمند الطولي في الأخشاب. يمكن حسابه بالمعادلة الآتية:

ويتراوح معامل التمدد الطولي بين الأخشاب المسامية والأخشاب المخروطية ما بين ١٩/٩× ١٠ وحتى ١١× ١٠ في الاتجاه الموازي للألياف، أما في الاتجاه العمودي على الألياف فيتراوح ما بين ١٠/٤× ١٠ = ٧٧٧ × ١٠ حسب الأجناس الشجرية، ومن المعروف أن التمدد الطولي في الاتجاه الموازي للألياف غير متلازم مع الكثافة وإن كانت فيم معامل التمدد الطولي في الاتجاه المقطري والماسي تزيد مع زيادة النقل النوعى (جدول رقم ١٧).

جدول ١٧. النسبة المتوية للانتفاخ الكلى في الأخشاب

نوع الخشب	الثقل النوعي	اتجاه الأليساف		
		موازي	عاسي	قطري
سبروس	۲٤ر٠	۱۰×۳٫۱۵	۲۱۰×۳۲٫۳	۸ر۲۳×۱۰
لسيكويا	۲٤ر۰	۸۲ر£×۱۰۰	اره۳۳×۱۰	*1 • × 7 4". T
وجلاس فير	۱۵ره	۱۱ر۴×۱۰۰	21.×8Y,V	۴.۷۷×۱۰
لحور القطني	11عر•	۹۸ر۲×۱۰۲	*1 • X***)*1	*1 •×44°,4
لقيقب السكري	۸۶ر۰	۴۸ر۳×۱۰۲	21 · ×٣0,7	NJYX+12

الصدر: الجدول معدل (عن Brown et al, 1952)

والتباين ما بين معامل التمدد في الاتجاه القطري والماسي راجع إلى التركيب التشريحي للخشب كيا أن التمدد الحراري في الاتجاه العمودي على الآلياف عادة ما يكون ١٢٠٨ مرة قدره في الاتجاه الموازي للألياف، وهذا راجع إلى أن الأخشاب بتكوينها تضم ما يقارب ٤٧٪ سيليلوز، وإذا راجعنا المتركيب المدقيق الجزيئي للميكروفبرلات السليولوزية نجدها في شكل خيوط اسطوانية نسبة طولها إلى قطرها حوالي ١٠-١، وبالتالي فإن اللبذبات الجزيئية الناتجة عن الحرارة تكون أكثر عشر مرات على الاتجاه الموازي لما الموازي لما الاتجاه العمودي على الميكروفبرلات عنها في الاتجاه الموازي لما الأخشاب تنهد صغيرة جدًا إذا ما قورنت بالتغيرات التي تحدث في الأخشاب إذا وصلت إلى درجة المواروة، فالطبقات الخارجية من سيقان الأشجار تتكمش قبل الطبقات الداخلية، الحريرة، فالطبقات الخارجية من سيقان الأشجار تتكمش قبل الطبقات الداخلية، ويعزى هذه التباينات في الانكهاشات تشققات إصابات الصقيع (٤-٤ ـ د في هذا المؤلف).

الطاقة الحرارية للأخشباب

إن الطاقة الحرارية للأخشاب ما هي إلا تمبير عن كمية الطاقة الحرارية اللازمة لإحداث تغير نوعي في الطاقة الحرارية للجزيئات المكونة للهادة الحشبية وهذه الطاقة تظهر في صورة درجة حرارة ويعبر عنها إمًّا بصورة وحدات حرارية كالورى وإما بصورة وحدات حرارية بريطانية (.B.t.u) . وعلى هذا فإن الطاقة الحرارية تشير إلى الكمية من الحرارة اللازمة لإحداث تغير في درجة الحرارة، وعلى هذا فالطاقة الحرارية تساوي

حيث إن: Q = كمية الحرارة الممكنة لإحداث تغير في درجة الحرارة قدو A م والحرارة النوعية للخشب هي النسبة بين طاقتها الحرارية والطاقة الحرارية للهاء عند درجة ١٥°م، فإذا كانت كمية الحرارة Q من السعرات (كالورى) تلزم لرفع درجة حرارة كتله m بالجرام من الخشب من درجة عالى مع° فإن الحرارة النوعية C للخشب تكون.

$$C = \frac{Q}{m(t_n - t_n)} \qquad ...(1A-7)$$

والمواقع أن الحرارة النوعية للخشب منخفضة عن غيرها من المواد وقد أعطي (Dunlap, 1912) المعادلة التالية للحرارة النوعية للخشب عند درجة حرارة t

هذا ويقدم المرجع نفسه قيمًا للحرارة النوعية للخشب تتراوح ما بين ٦٣٩٧، إلى ٣٣٣٧، بين درجة حرارة صفر، ٩٣١٥، . هذا وتتباين الحرارة النوعية للخشب بدرجة كبيرة مع المحتوى الرطوبي ويمكن من ذلك كتابة المعادلة التالية لمتوسط الحرارة النوعية في الخشب عند درجة رطوبة محدودة _ _ C

ومن هذه العسلاقة السهلة يمكن اشتقاق العسلاقة التسالية التي ذكسرها (M) (Kolimann and Côté, 1968) للحرارة النوعية للخشب C عند محتوى رطوبي (M) محسوب على أساس الوزن للجفف بالقرن.

التوصيسل الحراري للخشسب

كها سبق أن ذكرنا فإن الحرارة تحدث طاقة ترددية بالجزيئات في الأجسام؛ ونتيجة لحركة الجزيئات فإنها تتصادم بعضها مع بعض ناقلة بهذا جزءًا من طاقتها الحرارية المستملة بالحرارة إلى الجزيئات المجاورة وهمكذا، والقدرة على نقل الحرارة في هذه الحالة تعتصد على معامل التوصيل الحراري عبر مساحة عمودية على اتجاه التيار، ويمكن إعطاء المعادلة التالية لكمية الحرارة الموصلة (H) عبر مساحة محددة (A) عبر سمك (b) في فترة زمنية (T) مع فارق درجة الحرارة عبر السمك قدره (ا) بالمعادلة التالية:

حيث K هي معامل التوصيل الحراري.

هذا ويعبر عن قيمة K بالسعرات الحرارية/ سم " للرجة الحرارة المئوية الواحدة لكل سمك سم تعبره الطاقة الحرارية في الثانية. أما في النظام الإنجليزي فيعبر عنه (B.t.u) المنفولة في الساعة عبر مساحة قدم "/ فرق درجة فهرنهيت خلال سمك بوصة من المادة.

هذا ويمكن حساب معامل التوصيل الحراري للخشب المجفف بالفرن بالمعادلة.

المادلة (٣٢_٦) . . (٢٢_٦)

حيث S هي الثقل النوعي على أساس الحجم والوزن الجاف، وهذه المعادلة تبين أن معامل التوصيل الحراري يتناسب طرديًا مع الثقل النوعي مع ثبات مقطع المحور الصادي في هذه العلاقة الاستقامية بمقدار ١٦٥٥، وهي معامل التوصيل الحراري في الهواء، ولهذا فقد عدل (Maclean, 1941) هذه العلاقة لتضمن الحجم الفراغي من الهواء بالحشب P لتصبح المعادلة كها يل: المادلة (٢٣-٦). . (٢٣-٦). . . (٢٣-٦)

كذلك فإن التوصيل الحراري للخشب يتباين حسب نسبة المحتوى الرطوبي %M كيا يل:

 $K = 1.503 + 0.165 P/100 + MSK_{Tw}$. (۲٤-۲) المعادلة کما المائل على التوصيل . A_{Tw}

ومن هذه المعادلة يمكن أن تحسب معادلتين حسب المحتوى الرطوبي كما يلي:

المعادلة (٦-١٥- أ). . فوق ٤٠٪ رطوبة (0.165) + (0.184 أ). . فوق ٤٠٪ رطوبة

المعادلة (٦-٢٥_ ب). . تحت ٤ ٪ رطوبة (p.165) + (p.165) + (x = S (1.39 + 0.028M)

وعادة ما يقل التوصيل الحراري مع خفض المحتوى الرطوبي هذا. ويلاحظ أن المركب الكيمياتي للمسخلصات في الخشب يؤثر تمامًا على التوصيل الحراري للأخشاب، كذلك فإن التوصيل الحراري يطول الألياف 70 مرة قدره في الاتجاه المعمودي على الألياف، كما أنه في الاتجاه القطري أكبر من الاتجاه المياسي بدرجة قليلة كذلك فإن وجود خشب انضغاط أو خشب شد في لوح من الأخشاب يؤثر على صفات توصيله الحراري حسب واوية الميكروفيرلات في كل حالة، هذا ويلاحظ عمومًا أن اتجاه الألياف يؤثر على منتجات الألياف يؤثر على بث الحرارة عبر الأخشاب أو الألواح المركبة وغيرها من منتجات توتيب متواز للألياف في اتجاه مرور التيار الحراري، وحالة توتيب مواز للألياف في اتجاه مرور التيار الحراري، وحالة توتيب مواز للألياف في اتجاه عمومي على مرور التيار، وفي الحالة الأولى يحدث أقصى بث للحرارة، وفي الحالة الأولى يحدث أقصى بث للحرارة، وفي الحالة الأولى يعدث أقصى بالمرجع نفسه تفاصيل الحسابات الرياضية لقياس تأثر مرور التيار الحراري باتجاه الألياف.

الانتشارية الحرارية للخشب Difusivity of Wood

إن الانتشارية الحرارية أو ثابت التوصيل الحراري يمكن حسابه بالمعادلة:

$$h^2 = K/CS = 1/RCS$$
 . . (۲٦.٦) المعادلة (۲٦.٦) . . C = C حيث C = C الخوارة النوعية C = C = الكثاف. C = C =

K = التوصيل الحراري

وتبلغ قيمة الانتشارية في الأخشاب حوالي ٢٠٧١/١ بوصة " في الثانية ، وتقل الانتشارية مع زيادة الكثافة أو زيادة الرطوبة في الحشب بمعادلة تفاضلية جزئية كها أعطاه (Kollmann and Còté. (1968 كما يل :

$$\frac{\partial t}{\partial T} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) \qquad (\text{YV-7}) \text{ is the state of the property of t$$

حيث t = درجة الحرارة لنقطة في وسط فراغي z,y,x

T = الزمن

وحيث إن الحشب أنيزوتروبي الطبيعة فإن معامل الانتشار يتباين في الاتجاه القطري والطولي والمياسي (بإهمال الطولي) ويمكن إعطاء معادلة لذلك كما يلي :

$$\frac{\partial t}{\partial T} = a_{RD} \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + a_{TG} \frac{\partial^2 t}{\partial y^2}$$
 ... (۲۸–۲) المادلة

هذا وتنتقـل الحـرارة من الأخشاب بالإشعاع حسب قانون ستيفان وبولترمان المعروف حسب المعادلة.

المعادلة (۲۹.۳)
$$E = E. C_r T^4$$
 المعادلة (۲۹.۳).

حيث T هي درجة الحرارة الطلقة.

,C ثابت إشعاعي من الأجسام الداكنة السوداء.

٤هى إشعاعية الجسم الحرارية.

والواقع أن الإشعاع الحراري في هذه الحالة ظاهرة سطحية ، وكلما زادت خشونة السطح الحشبي ودكانته قلت إشعاعيته ، وزادت امتصاصيته الحرارية ، ولا توجد علاقة بين هذا وبين ثقله النوعي ، وكلما زاد المحتوى الرطوبي كلما زادت الإشعاعية الحرارية (Kollmann and Malquist, 1955) .

الخواص الصوتية والكهربية للأخشاب Acoustical and Electrical Properties of Wood

الخواص الصوتية للأخشاب

تتضمن حركة الموجات الصوتية داخل الأخشاب أربعة ثوابت، هي سرعة الصوت، وطول الموجة، وارتفاع قيمة الذيذبات (حدة الصوت)، وبمجرد طرق كمرة خشبية بجسم صلب يحدث بهذه الكمرة الخشبية اهتزازات عند تردها الرنبني (resonant frequency)، وهذه الاهتزازات تبث موجات تتشر في الهواء المحيط بالكمرة الخشبية، وعكس هذا يمكن أن يحدث بمعنى أن وجود موجات صوتية في الوسط المحيط بالكمرة الخشبية يحدث اهتزازات في جسم الكمرة الخشبي المرن، وهذه يعاد بنها في المواء المحيط بها، وهكذا حتى تمتص طاقة الاهتزازات تمامًا

وحركة الصنوت بسرعة ٧ يحكمها التردد f وطول الموجنات أ والعلاقة التالية:

المادلة (٦- ٢٠) . . (٣٠ المادلة (٦- ٢٠)

وهناك ترددات عددة للأخشاب تتجاوب معها معطية بهذا أعلى قمة أو سعة وهذه الترددات هي الاهتزازات الطبيعية أو الرئين لقطعة الأخشب. وداخل الخشب يلاحظ ثلاثة أنواع من الاهتزازات الرئينية أو الترددات، هي الطولية، والعرضية، والالتوائية (torsional). وقد استخدم Hearmon في عام ١٩٤٦م الاهتزازات الالتوائية لتقدير معامل الجساءة أو التصلب، وكان بهذا يستخدم طرقًا غير مدمرة لاختبارات الاخشارات كي ذكر (1968) Kollmann and Cote في الفصل السابم.

تقنيسة الأخشساب

145

انتقال الصوت داخل الأخشاب

عند بث موجات صوتية طوليًا داخل كمرة خشبية فإن هذه الحركة تصفها العلاقة التالية :

حيث V سرعة حركة الصوت و E معامل المرونة و σ هي كثافة الخشب.

هذا وسرعة بث الموجمات الالتوائية تعتمد على معامل الجساءة أو التصلب بالعلاقة السابقة نفسها.

$$V = \sqrt{\frac{MOG}{\sigma}} \qquad \qquad ...(47.7)$$

حيث MOG هو معامل الجساءة (modulus of rigidity) وبالتالي فإن نسبة سرعة الصوت بطول الألياف (VII) إلى سرعته عبر الألياف (VI) تعطيها المادلة

$$\frac{V_{ij}}{V_{i}} = \sqrt{\frac{MOE_{ij}}{MOE_{ij}}}$$
 ... (FT-T) islately

وهي المعادلة نفسها التي أعطها (1968) Kollmann and Côte ، ونسبة سرعة الصوت في اتجاه الألياف إلى ١٩١٥، هذا وتبلغ سرعة التجاه الألياف تتراوح بين ١٩٤ متر/ث في المتوسط بمدى الصوت في الاتجاه الموازي للألياف في الاخشاب ٤٨٠٠ متر/ث في المتوسط بمدى يتراوح بين ٥٥٥٠ ألى ٢٥٠٠٠ أن.

هذا ومعامل المرونة يتناسب طرديًا مع الكتافة (الباب السابع) ونلاحظ أن سرعة الصوت في الخشب مستقلة عن الكتافة كما يظهر من المعادلات السابقة، وقد وجد (1960 Kollmann and Cote, 1960) معامل تلازم ضعيف حوالي ١٣٠٠ بين سرعة الصوت والكتافة في الحشب في المتوسط إلا أن هذا المعامل كان عاليًا في حالة خشب السنديان حوالي ٢٠٥٤

إهمادات الإشعاعات الصوتية في الخشب

نلاحظ أن سرعة الصوت في الاتجاه الموازي للألياف تقارب سرعتها في بعض المواد الأخرى إلا أن حركاته في الاتجاه الممودي على الألياف أقل من ذلك بكثير. هذا ونلاحظ أن مقاومة مرور الموجات الصوتية (٣) تختلف في الأخشاب تمامًا عن غيرها من المصادن، وقد نشر Brillie في عام ١٩١٩م معادلات وأرقام لهذا يظهر منها أن تلك المقاومة في الأخشاب تتراوح ما بين ٢٧×١٠ إلى ٣٧×٢١ dyn.s cm وهذه المقاومة تعطيها المعادلة

$$W = \sqrt{\sigma \times MOE}$$
 . . (۳٤-٦) المادلة (Kollmann & Côté, 1968).

ونـالاحظ أن إهمـاد الاحتكاث الداخلي وإهماد إشعاع الصوت يؤدي إلى إهماد الاهتزازات داخل الحشب ثم اختفائها، والإهمادات الراجعة للإشعاع الصوتي تعتمد على المعلاقة بين سرعة الصوت والكثافة، وفي هذا فإن الأخشاب تتفوق على غيرها بدرجة كبيرة جدًا في العزل الصوتي.

وبالتالي فإن اختبار الأخشاب حسب كنافتها ومعامل مرونتها يعد مها في عمل الآلات الموسيقية ، أو عمليات العزل الصوتي . هذا والفقد في الصوت الناتج عن الطاقة الإشعاعية الصوتية داخل الأجسام الصهاء من الداخل يرجع إلى الاهتزازات الناجة عن احتكاك الجزيئات المكونة لها . هذا ويمكن القول ـ من أبحاث (James, 1961) ـ بأن الاحتكاك الداخلي في الحشب يتتج عن مادة الحشب الجاف بالإضافة إلى وجود الماء المرتبط بالأسطح منها .

ومن تداخل هذه العوامل مع درجة الحرارة المحيطة بالخشب يظهر أن أدنى احتكاك داخل في الخشب يقع في مدى من ١٩٠٥م إلى ٩٥٥م مع محتوى رطوبة يتراوح من ٢ إلى ٢٨٪، ومع حرارة الغرفة فإن أدنى قيمة لهذا الاحتكاك الداخلي تكون عند ٧٪ من عرى رطوبة. هذا وتلاحظ أن العزل الصوتي للأخشاب بسهولة يرجع إلى الطاقة الصوتية، حيث إن الصوت المسموع في الهواء العادي ما هو إلا حركة طاقة.

ومن المعروف أن ظاهرة الاهتزازات والموجات التي تتكون في وسط مرن بين تردد المعروف أن ظاهرة الاهتزازات والموجات التي تتكون في وسط مرن بين تردد اعرب الحد الله المدوت المسموع كحركة طاقة نلاحظ أن السمع البشري محدود بطاقة تساوي المساوت وهذا يوازي صقرًا (Kollmann and Côté, 1960) decibels ومن هذا نلاحظ أن العزل الصوتي في المنشآت سواء الحشبية أو غيرها من السهل الحصول عليه مع التصميم الدقيق للمنشأ.

ونلاحظ أن امتصاص الصوت في الخشب يختلف تمامًا عن قوة العزل الصوتي العزل الصوتي العزل الصوتي يتطلب مادة خشبية ذات وزن عال شبه مصمته، وهذا عكس ما تقدمه الطبيعة، بينا امتصاص الصوت يتطلب مواد أكثر ليونة ومسامية تسمح بحركة المجزيئات المكونة للهواء بحرية وامتصاص الصوت يعتمد على التردد. والواقع أن معظم المواد تمتص الصوت إلا أن قدرتها على الامتصاص تزيد كليا زادت ليونتها ومساميتها، فمثلاً الحشب الليفي من الألواح المركبة يمتص صوتًا أكثر من الترددات العالية، ومع زيادة صمك اللوح تزداد قدرته على الامتصاص. ولهذا فإن من أفضل التكوينات وسائد الألواح الليفية ذات المسام المتسعة.

الخسواص الكهربية للأخشاب

إن الحديث عن الخواص الكهربية للخشب يجب أن يتناول خواص تتعلق بالتيار المستمر فإن المقاومة المستمر وإن المقاومة للمستمر وإن المقاومة لمرور التيار المستمر وإن المقاومة لمرور التيار الكهربي تختلف حسب درجة الرطوبة في الحشب، فالحشب الجاف عازل جيد لمرور التيار الكهربي، كذلك فإن الألواح المركبة من ألياف خشبية مع لواصق مثل الفينول فورمالدهيد تعد بالتالي عازلة بدرجة مقبولة إلا أن قدرة العزل الكهربي للخشب تتخفض بارتفاع عتواه الرطوبي خاصة تحت نقطة تشبع الألياف فإن أقل كمية من الرطوبة ترفع التوصيل الكهربي بدرجة واضحة. هذا تشبع الألياف فإن أقل كمية من الرطوبة ترفع التوصيل الكهربي بدرجة واضحة. هذا عدد حوامل الشحنة في الحشب هو العامل الرئيس المحدد لمدى التوصيل في أي مدى

رطوبي من صغر إلى ٧٠/ وعند عتويات رطوبة أعلى فإن درجة انفصال الأيونات المتصة تكون عالية بحيث إن حركة الأيونات تصبح العامل الرئيس في تحديد التوصيل الكهربي، وبالتالي فإن أي تغير في تركيز الأيونات أو توصيلها بغير التوصيل الكهربي المخشب. هذا وقد شرح (1964) Stamm العلاقة بين المحتوى الرطوبي والمقاومة المخشب، هذا مدى من ٨-١٧٠٪ رطوب والحفظ أنه تحت نقطة تشبع الألياف كانت العلاقة استقامية بين لوغاريتم التوصيل الكهربي (وهو مقلوب المقاومة) وبين المحتوى الرطوبي من صفر إلى المولوبي المخشب، وقد لاحظ العالم نفسه أن التغير في المحتوى الرطوبي من صفر إلى كانت لا تزيد على ٥٠ مرة في التوصيل عندما رفع المحتوى الرطوبي حتى نقطة التشبع كانت لا تزيد على ٥٠ مرة في التوصيل عندما رفع المحتوى الرطوبي حتى نقطة التشبع المأتي الكلي. هذا ومدى اعتهاد مقاومة التوصيل الكهربي على الرطوبة في الحشب في المدى ما بين الوضع الحاف وه ١٪ رطوبة يظهر واضحًا في شكل علاقة استقامية المدى ما بين لوغاريتم المقاومة المتيار الكهربي ولوغاريتم الرطوبة علاقة استقامية أيضًا، وإذا أخذنا العلاقة بين المقاومة وثابت الازدواج الكهربي للخشب نلاحظ أنها كالملاقة التألة:

Log R = N +
$$\frac{L}{\epsilon_w}$$
 . . (٣٥-٩)

حيث إن R = المقاومة بالأوم سنتيمتر

N.L = ثوابت

ية = ثابت الازدواج الكهربي لمادة الخشب وهي تساوى ٣٥،٢٣٢،٠٣٣. mهي درجة الرطوبة .

وهذه المادلة أعطاها (Brown et al., 1952)

هذا ويلاحظ أن الخشب يبدي مقاومة قليلة للتيار الكهربي المار موازيًا للألياف تقل عنه في المار عموديًا على الألياف، والمقاومة بطول الألياف تقريبًا تبلغ نصف المقاومة عموديًا على الألياف كيا أن المقاومة في الاتجاه القطرى تبلغ حوالى ١٠٪ أقل منها في الاتجاه الماسي. كما أن ارتفاع الحرارة يقلل مقاومة مرور النيار الكهربي في الاختماب (النيار المستمر). كذلك فإن الملاقة بين المحتوى الرطوبي مقدرًا بأجهزة قياس الرطوبة الكهربية (electrical moisture meters) ودرجة الحرارة علاقة استقامية في المدى المهجروسكوبي (Keylwerth and Moack) . هذا وقد وجد (1956) Lm أن العلاقة بين لوغاريتم المقاومة ومقلوب الحرارة المطلقة عند مستويات مختلفة من الرطوبة بالاختماب المخروطية كانت استقامية عند درجات الحرارة المنخفضة ثم تصبح انحنائية عند الرطوبة المرتفعة إلا أنها عند رطوبة نقطة تشبع الألياف كانت غير مستمرة عند حرارة صفر إلى ١٠ تحت الصفر المثري بسبب البلورات الثلجية المتكونة خارجيًا بفراغات الجدر الخلوبة مثل ما وجده Koller عن الانكهاشات الباردة وأكده المداولة (Kollman and Côté)

أما بالنسبة للخواص الكهربية في الأخشاب مع النيار المتردد فنلاحظ أن المقاومة عند الترددات العالية أقل بكثير من حالتها في النيار المستمر، ويلاحظ أن تأثير الحرارة على المقاومة مع الترددات العالية بعد قليلاً جدًا إذا ما قورن بالمقاومة للنيار المستمر.

ثابت الأزدواج الكهربي للخشب Wood Dielectric Constants

إذا وضعت قطعة من الأخشاب (مادة مزدوجة الكهربية) بين قطيين في دائرة يمر بها تبيار متردد يلاحظ أن هذا بهائل مكتفًا بطاقة Γ فارادى متوازيًا مع مقاومة Γ بالأوم والنهار Γ في هذا النظام كله يتكون من مركبتين Γ وهي النيار المار في المكتف و Γ وهي النيار المار في المكتف و Γ وهي النيار المار في المقاومة . فإذا كانت زاوية الطور (angle phase) هي Γ وراوية فقد القدرة power loss Γ فيمة فإن Γ هي الفرق بين الزاوية القائمة وزاوية الطور Γ وحوى نتحت تأثير تيار متردد فإن الجزيئات المكونة للخشب تعكس توجهها مع تغير اتجاد التيار عما يسبب احتكامًا بين الجزيئات يظهر في شكل انبعاث حرارة . وفي هذه الحالة بكون القدرة :

$$P = E. I_R = E I Cos$$
 $\emptyset = \frac{E.^2}{R}$... (٣٦.٦)

هذا والازدواج الكهري للخشب يعبر عنه بثابت هذا الازدواج الكهري ٤ ، وهذا يتراوح ما بين ٨٠١-٣٥ في الأخشاب، حيث يكون التيار في المجال الكهري قطريًا على الحلقات النموية في ألواح منشورة عاسبًا، وهذا حسب ما أورده Kollmama قطريًا على الحلقات النموية في ألواح منشورة عاسبًا، وهذا حسب ما أورده يعطي ثابت ازدواج في معلى ثابت ازدواج كهري أعلى بمقدار ٣٠٠-٣١٪ من السابق، ويتضح مما سبق أن هناك علاقة واضحة بين ثابت الازدواج الكهري وكثافة الخشب مع تغير الرطوبة مما يمكن من قياس الرطوبة بالمختاب عن طريق استخدام فقد القدرة أو قياس الطاقة مع أخذ الكثافة في الحسبان دائمًا، ويلاحظ أن ثابت الازدواج الكهري يزيد مع الترددات العالية مع زيادة الرطوبة بصورة منحنى يصبح استقاميًا فوق نقطة تشيع الألياف (Skarr, 1948). وبالنسبة بصورة منحنى يصبح استقاميًا فوق نقطة تشيع الألياف (Skarr, 1948). وبالنسبة للاختاب قليلة الكثافة فإن المحتوى الرطوي العالي جدًا يعطي تأثيرًا كبيرًا يجعل ثابت الازدواج الكهري فيها يقارب ذلك في الماء.

هذا ويعبر معامل القدرة (Cos Ø) (power factor) في الخشب عن النسبة بين الطاقة الكهربية التي تمر في دورة من المذيبات في مكثف يستخدم الخشب به إلى الطاقة الكهربية الكلية المخزنة في المكثف خلال الدورة (1952 . Brown et al. 1952) . ويلاحظ أن استخدام المكثف المذكور في الفراغ التام يعطي معامل قدرة قيمته صفر نظرًا لعدم وجود جسم ذي ازدواج كهربي في المكثف وبه جزيئات يحتك بعضها ببعض، ويلاحظ أن معامل القدرة في الأخشاب يكون عاليًا عند الترددات العالية إذا كانت الرطوية أقل من 196 في حين ينمكس الوضع فوق هذا المحتوى الرطويي (Kollmann, 1961 . Skarr . 1948)

الخواص البيزوكهربية للأخشاب

يظهر التأثير البيزوكهربي إما عن طريق إحداث جهد ميكانيكي يؤدي إلى استقطاب كهربي، أو بإحداث انفعال في المواد من خلال وضعها في تبار كهربي (Bazhenov, 1961). هذا وقد درست تلك الصفات بواسطة عديد من العلماء في روسيا واليابان وأمريكا (Kollmann and Côté, 1968) كما ذكرها في تحليلها لتكوين خشب

الانضغاط بالأشجار المعرضة لفعل الرياح بدران وعزت قنديل لأول مرة عام ١٩٧٣م. هذا وقد ركز عديد من البحوث الأولى على السليولوز كمركب مهم في الأخشاب له صفات بلورية. إلا أن الواضح أن الحشب له صفاته الانيزوتروبية من حيث التباين في السلوك الفيزيقي بسبب تركيبه المعقد كيميائيًا وتشريحيًا. هذا وقد أظهر Bazhenov الروسي في عام ١٩٦١م أن الجهد في الأخشاب ينتج عنه استقطاب، ومن هذا يظن أن صفات البيزوكهربية في الأخشاب ترجع بصورة كبيرة إلى التركيب البيزوكهربي الرئيس ألا وهو السليولوز بالأخشاب.

وقد ذكر ذلك (1968) Kollmann and Côté, (1968) بوضوح أن انفعال القص بين الأنفساب هو الأساس في إحداث الخواص البيزوكهربية وإظهارها في الخشب كيا يمكن وصف Tensor للبيزوكهربية في الحشب من ٣٠٣ مكونات من معامل البيزوكهربية بالتالي في المخشب على مدى انتظام بلورية المركبات السليولوزية به، وبالتالي في درجة بلورة السليولوز في الأخشاب تتحكم في السلولول البيزوكهربي

المراجسيع

المراجع العربية

بدران، عشمان عدلي وعنزت قنديل، السيد 19۷۹. أساسيات علوم الأشجار وتكنولوجيا الأخشاب. دار المطبوعات الجديدة، جمهورية مصر العربية. (طبعة ثالثة معدلة).

المراجع الانجليزية

- Brown, H.P., Panshin, A.J. and Forsaith, C. 1952. Textbook of Wood Technology. Vol. II. The Physical, Mechanical a and Chemical Properties of the Commercial Woods of the United States. McGraw Hill. New York.
- Choong, C.T. 1963. Movement of Moisture through a Softwood in the Hygroscopic Range. For. Prad. J., 13, pp. 489-498.
- Dunlap, F. 1912. The specific heat of wood. U.S.D.A. for Service Bull. No. 110.
- El-Osta, M., Kandeel, S.A. El-Meligy, El-Lankany and el-Morshidy 1985. Mathematical Description of the Change in Properties of Casuarina Wood upon Exposure to Gamma Radiation. I. Changes in the Compressive and Tensile Strength. Vol. 17. pp. 2-11.
- James, W.L. 1961. Internal Friction and Speed of Sound in Douglas Fir. For. Prod. J., vol.11, pp. 383-390.
- Janka, G. 1915. Die Harte der Hölzer, Mitt. Forstl. Versuchswes. Österr. H. 39. Wien.
- Hart, J.D. 1964. Principles of Moisture Movement in Wood. For. Prod. J., 14, pp. 207-214.
- Kandeel, S.A. and Bensend, D.W. 1969. Structure, Density and Shrinkage Variation within Silver maple Wood. Wood Sci., Vol. 1 No.4.
- Kandeel, S.A. 1971. Polynomial Models to Study and Present within Tree Variations in Wood Properties. Wood and Fiber., Vol. 3(2).
- Kandeel, S.A. 1978. Moduli of Rupture and Elasticity Relationship in Few Tropical Hardwoods. Wood engineering Session 32nd Ann. Meeting conf. F.P. Soc., Georgia. U.S.A.
- Kandeel, S.A. 1980. Beta Ray Scanning of Inter-Increment Density Variation of Wood Plastic composities from Abnormal Wood. Wood Science., Vol. 12 No. 2.
- Kollmann, F. 1961. Rheologie und Structur Festigkeit von Holz. als als Rohund werkstoff, 19 No. 3, pp. 73-80.
- Kollmann, F. and W. Côté, 1968. Principles of Wood Science and Technology. Springes - Verlay. New York.
- Kollmann, F. and Malquist, L. 1955. Untersuchungen uber das Strahlung., track., Hölzer, Halz Als Roh Und Werkstoff. 21, pp. 77-85.
- Lin, R.T. 1965. A Study on the Electrical Conduction in Wood. For. Prod. 1. Vol. 15, pp. 506-514.
- Mark, R.E. 1967. Cell Wall Mechanics of Tracheids, New Haven and London. Yale University Press. p. 310.
- Markawardt, L.J. 1926. New Toughness Machine is Aid in Wood Selection. Wood working Indus. Jamestown. N.Y. Vol. (2).
- Patterson, D.W. 1985. Adjusting for Specific Gravity. Wood and Fiber., Vol 17. No. 4. USA.

- Richardson, S. 1961. A Biological Basis for Sampling in Studies of Wood Properties. TAPPI. (Technic., Assoc., Pulp and Papes; In.,) 44, 170-173.
- Rowell, R.M. 1984. The Chemistry of Solid Wood, Adv. in Chem. Series (207) Am. Chem. Sol. Washington D.C. p. 614.
- Smith, D.M. 1954. Maximum Moisture Content Method for Determining Specific Gravity of Small Wood Samples. USDA. For. Prod. Lab. Report 2014, USA.
- Schniewind, A. 1962. Mechanical behavious of Wood in the light of its anatomic Structure Proceedings of Mechanical behaviour of wood, pp. 136-146 University of California U.S.A.
- Skaar, C. 1948. The dilectric properties of wood at several radio frequencies. N.Y.S. Coll. of Forestry al: Syracuse. Univ. Tech. Bull. No. 69. Syracuse. N.Y.
- Stamm, A. 1964. Wood and Cellulose Science. Roland Press New York p. 264. Stevens, W.C. 1963. The Transverse Shrinkage of Wood. For. Prod. J. 13, pp.
- 386-389.
 Wangaard, F. 1950. The mechanical Properties of Wood. John Wiley. New York. pp. 377.
- USDA; Wood Handbook, 1974. Wood as an engineering material. Forest Service. Agric. Handbook No. 72. USDA Forest Products Laboratory. Madison Wi. U.S.A.
- Zimmerman, M.H. and Brown, C. 1971. Trees Structure and Function. Springer-Verlag. Berlin and New York.

الفصيل السايح

الغواص اليكانيكية والرهيهلوجية للأخشاب

● مقدمة ● الاختبارات المدمرة للأخشاب ● المرونة واللنونة والرخف ومبادي، وهيولوجيا المختساب ● المسواصل المؤشرة على السلوك المكانيكي للأخشاب ● الساسيات الاختبارات فير المدمرة للأخشاب ● الأساس الكيميائي للسلول الميكانيكي للأخشاب ● التباين في السلوك الميكانيكي للأخشاب ● المراجع.

مقدمية

إن السلوك الميكانيكي الجيد أو متانة الأخشاب تعبر عن كفاءتها وقدرتها على مقاومة القوى الحارجية التي تعمل عليها، وهي قوى تعمل على تغير شكل وأبعاد قطع الأخشاب بأي صورة، وإن كان التشكل والتشوه في الأخشاب قد ينشأ عن قوى داخل قطعة الأخشاب مثل قوى التجفيف التي يتولد عنها إجهادات التجفيف، إلا أن المفصود بهذا الباب هو التركيز على تفهم مدى مقاومة الأخشاب للقوى الحارجية التي تعمل عليها عما يؤفي إلى تفهم أكثر لصلاحية الاخشاب في عديد من الصناعات الإنشائية، وفي صناعات الأثاث وغيرها من الصناعات الخشية.

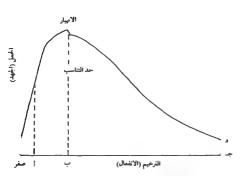
والواقع أن الإلمام بالخواص الميكانيكية لأي نوع من الخشب أساسي في النواحي الاستعمالية، ويمكن الحصول على المعلومات كافية عن الخيواص الميكانيكية من التجارب المعملية، أو الاستعمال الفعلي تحت ظروف الاستخدامات المعتادة، وإن كان الحصول على التنائج المعملية يتطلب تجهيز عينات لتعطي بيانات يمكن تعميمها

بحدود معقولة بالنسبة للأجناس الخشبية المختلفة، وهذه التجارب المعملية إذا تمت بكفاءة يمكن أن تعطي بيانات عالية الدقة. وهنا يمكن تحديد أنواع من الاختبارات يمكن إجراؤها معمليًا إما باختبارات يتم فيها تدمير قطع الاختبار الصغيرة، ومن خلال هذا يمكن الحصول على ثوابت الخواص الميكانيكية المختلفة، وهذا في الاختبارات المدمرة للخشب كذلك فهناك نوع آخر من الاختبارات بدأ في الانتشار منذ حوالي ربع قرن، وهو الاختبارات غير الملمرة وفيها لا يتم تحطيم قطع الاختبار التي عادة ما تكون كمرات خشبية أو ألواسًا بأحجامها الاستمالية الفعلية، ومن خلال قياس ثوابت معينة بالأخشاب يمكن الاستدلال على موونتها، ومن ذلك يستدل رياضيًا على مقاومتها ومتانتها وسلوكها تجاه الأحمال الواقعة عليها عند الاستعيال.

والاختبارات المكانيكية للأخشاب تناول قياس مقاومة الانسحاق القصوى، وقوة الشد، وقوة القصى، وقوة الانحناء والصلابة، ومقاومة الصدم والصلادة، ومقاومة الانشقاق. والواقع أن تعبير المتانة إذا استعمل بصورته العامة في علوم الأخشاب فإنه يشير إلى جملة هذه الصفات ممًا. ومن أجل مقارنة المتانة بين الأخشاب يلاحظ دائمًا أن تكون أنظمة القياس ثابتة حتى تتم المقارنة فتكون على الأساس المترى مثلاً أو غيره بعيث يمكن المقارنة، كذلك فإن الفروق في القيم المتحصل عليها نختلف في مدى أهميتها حسب طبعة القياس.

تعريضات أساسية في دراسة الخواص المكانبكية للأخشاب

إن هناك تعريفات أساسية يجب الإلمام بها قبل الاستطراد في عرض الخواص المبكانيكية للأخشاب، فالجهد (stress) هو ناتج عن قوة موزعة على مساحة و ولذلك فإذا عملت قوة على مساحة معينة فإن حاصل قسمة القوة بمقدار الحمل يحدثها العملاحة التي تعمل عليها A هو التعبير عن الجهد. ومع فعل قوى خارجية كبيرة فإن قطعة الخشب يتشوه شكلها ويحدث بها تشوه أو تشكل دائم يعبر عنه بالانفعال المتعال وعلى هذا فإن كل جهد ينتج عنه انفعال مرافق له ومتناسب طرديًا معه تمامًا، والشكل رقم ٥٧ يوضح منحنى الجهد والانفعال في الأخشاب، وواضح من الشكل أنه كلها



شكل ٥٦. متحنى الجهد والاتفعال

زادت مقاومة المادة للتشكل زاد انحدار خط العلاقة بين الجهد والانفعال وقرب من المحور الرأسي. هذا والجهود الخارجية ينتج عنها جهود داخلية في الخشب، وهناك ثلاثة أنواع من هذه الجهود، جهود شد وجهود ضغط وجهود قص. وفي حالة جهود الشد فإن التشكل المصاحب لها استطالة في الجعد الموازي ونقص في البعد الأخر للجسم أما إذا كانت الجهود تعمل على الضغط فإن التشكل يكون نقصًا في البعد الموازي لمحور عمل المقود وزيادة في البعد العمودي عليه، أما إذا كانت القوى تسبب حركة جزء من القطعة الخشبية لتنزلق عكس الجزء الأخر الملاصق لها في القطعة نفسها فإنها في هذه الحالة تعمل كقوة قص.

هذا وإذا كانت قوة مقاومة الجسم الخشبي عمومًا للقوى الخارجية عالية بحيث يتحمل قوى عالية بدون تغير في الشكل الأصلي، أي بدون تشكل، أي أن مقاومته للتشكل عالية، فيقال: إن هذا الجسم صلب (stift) وعلى هذا فالكمرة الخشبية كلها صحب ثنها زادت فيها هذه الصفة.

وعند تحميل أحمال متنالية على كمرة خشبية ثم إزالتها وتحميلها مرة أخرى في دورات تحميل متمددة بلاحظ أنه في بداية الدورات لا يحدث أي نوع من التشكل، وعند هذه المرحلة التي لا ينتج عنها تشكل دائم يكون الجسم مازال مرنا (clastic). ومن أمثلة المواد المرنة بصورة شبه تامة المطاط إلا أن تحميل الحشب بأحمال تفوق مرونته يؤدي إلى المرور بنقطة إذا زاد الحمل على حدها نتج في العينة الخشبية تشكل دائم، وهدفه النقطة فإن التشكل يصبح دائراً. ومع تجاوز هذه النقطة والتحميل أعلى منها تصل إلى تتمكل دائم، ثم انهيار قطعة الاختبار. وكمية الشغل اللازم لإحداث تشكل دائم يعبر عنها بصفة عجابات منه تحتى حدا التناسب كتعبير عن الشغل حتى هذا الحد، أو يحسب الشغل حتى الحلم عنى الحلم مع الانفعال الاقصى أي حل الانهيار. هذا والمواد التي لا تتحمل تشكل كثيراً بل تنهار مع أقل كمية من التحمل تسمى مواد هشة (brittle) كالزجاج، وإذا أظهرت قطعة من الأخشاب من التحمل تسمى مواد هشة (brittle) وهو النسبة ما بين الجهد والانفعال (Modulus of Rupture) كما تقاس مقاومة الكسر بمعامل الكرونة (Mox) (Modulus of Rupture) (Mox) (Modulus of Rupture) المتعاسلة ويتعاس (Mox) (Modulus of rupture) عنه الكسي المحمل الكسر (fracticus) والمناس الكسر (fracticus) المتعاس الكسر (fracticus) والمحمل الكسر (fracticus) والمحمل (الكسر) المحمل الكسر (fracticus) والمناس الكسر (fracticus) والمناس الكسر (fracticus) والمحمل المراحة والمحمل المحمل الكسر (fracticus) والمحمل المحمل المحمل المراحة والمحمل المحمل المحمل

الاختبارات المدمرة للأخشاب Destructive Timber Testing

عددة ما تجري الاختبارات الاستاتيكية للأخشاب بهاكينات اختبار خاصة على عينات بجهزة حسب مواصفات قياسية، وفي حالة العينات الصغيرة المختبرة يكون مقطع العينة ٢×٣سم أو ٢×٣ بوصة، ويراعى المحتوى الرطوي للخشب كها يراعى الثقل النوعي، وفي بعض الأخشاب يراعى أيضًا عدد الحلقات السنوية في وحدة الأطوال. وعند عمل هذه الاختبارات الاستاتيكية للأخشاب فإن جهاز الاختبار يوجه حملًا على قطعة الاختبار حتى تنهار، ويقيس معدلات متانتها إلا أن سرعة التحميل، نختلف حسب الاختبار، وهناك معادلات لتحديد سرعة الذ الاختبار خلال التحميل، وقد أورد (1952) Wangaard ععادلات لحساب سرعة التحميل لفياس الاختبارات

المعادلة (۱-۱- أ) . . للانضغاط الموازي للألياف n=ZL المادلة (۱-۱- ψ) . . . للكمرات ذات التحميل المركزي ZZ^2

المادلة (١-٧- جـ). للكمرات المحملة في ثلاث نقط

$$n = \frac{ZL^2}{5.4 d}$$

حيث Z معدل الانفعال في الألياف لكل بوصة طولية في الدقيقة .

L يحر الكمرة

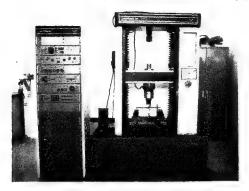
d عمق الكمرة

n سرعة الماكينة في الدقيقة

و Z بالنسبة للكمرات الصغيرة تساوى ١٥٠٠٠، وبالنسبة لاختبار الانسحاق
 الأقصير ٢٠٠٣.

اختبار مقاومة الانسحاق أو الانضفاط Crushing Strength

بصورة عامة فإن الاختبارات المدمرة للأخشاب تتضمن تجهيز عينات ذات أبعاد صغيرة أو أبعاد كبيرة مجففة هوائيًا، ووضعها في إحدى الآلات المصممة خصيصًا لاختبار المواد (شكل ٥٣) لقياس خواصها الميكانيكية، ونظرًا لأن الأخشاب كما سبق القول مواد أنيزوتروبية فإنه عند قياس قوتها يراعى اتجاه الألياف في هذه الحالة فإن اختبار مقاومة الانسحاق الأقصى إما أن يتم بحيث يكون اتجاه عمل القوة أو التحميل في ماكينة الاختبار موازيًا لاتجاه الألياف وإما أن يكون عموديًا عليه، وقياس مقاومة



شكل ٥٣. إحدى آلات اختبار الخواص المكانيكية في الأخشاب.

الانسحاق القصوى في الاتجاه الموازي للألياف بدرجة كبيرة يرتبط بالقص العمودي ولقد ذكر هذا بشيء من التفصيل العالم Wangaard في عام 140٠م.

هذا ويجرى الاختبار بالتحميل على المساحة الكلية للقطاع العرضي لقطعة الاختبار، أو بالتحميل على جزء منها. ومثل هذا الاختبار يساعد في الدلالة على مدى تحمل الاعمدة الخشبية. وهناك مواصفات عددة لاختبار العينات كها تحدده المواصفات القياسية البريطانية والأمريكية والألمانية وغيرها بالنسبة للاختبارات المدمرة للمينات الحشبية الصغيرة، وعادة ما يتم الاختبار في أعمدة الاختبار على أعمدة قصيرة في بعض الأحيان نسبة قطرها إلى ارتفاعها ١ إلى ٦ ومن هذا الاختبار يتم الحصول على قوة الانسحاق القصوى وجهد الآلياف عند حد التناسب ومعامل المرونة، وفي هذا الاختبار تكون سرعة التحميل ٢٤٥، بوصة / ق في العينات الصغيرة و٣٥، ١٠ بوصة / ق في العينات الكبيرة.

أما جهد الانسحاق الأقصى (maximum crushing strength) فيحسب بمعادلة المادلة (۲-۷) . . .

$$M.C.S = \frac{P}{A}$$

حيث P الحمل الأقصى

، A المساحة بالوحدات نفسها المستخدمة في قياس الحمل سواء كانت مترية أو عيرها.

المادلة (٧-٧-ب). . MOE = P,L/AD

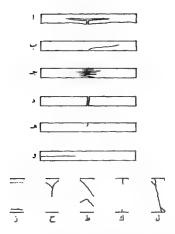
حيث D هي الانكاش الكلي في الطول بعد الانضغاط، A هي مساحة مقطع قطعة السلوك الاختبار، هذا وعند انهيار العينات تظهر أشكال عددة ـ حسب طبيعة السلوك الميكانيكي للخشب ـ هي أشكال الانسحاق والانفلاق الوتدي والقص والانشقاق والقص الموازي للألياف (شكل ٤٥) هذا وطبيعة شكل الانهيار تختلف حسب طريقة تجهيز المينة وعادة ما تكون العينة ذات قطاع عماسي حقيقي، وقطري حقيقي بطول الإلياف.

والتحميل العمودي على الألياف لفياس قوة الانسحاق القصوى العمودية على الألياف يمكن أن يتم إلا أن الخشب في مثل هذه الأحوال يستمر في التداعي تحت القوة المحملة، ولا تظهر انهياراته بالأشكال السابقة وعادة ما ينص في الاختبار الأخير على النسبة المثوية للتشكل المسموح بها في العينة ويستمر التحميل بسرعة ١٧ و روصة/ دقيقة حتى يصل الانضغاط الكلي إلى ١١ وبوصة بالنسبة للعينات ٢٧٣٧ بوصة.

قوة الشد بالأخشاب Tensile Strength

في الواقع أن الخشب يظهر قدة عالية جدًّا في مقاومته للشد الموازي للألياف، وفي طبيعة الانهيارات الحادثة بها، وهذا يرجع إلى صعوبة تجهيز العينة (Wangaard, 1950) وإلى التركيب الكيميائي والتشريحي للأخشاب، وطبيعة

. ٧٩ تقنيسة الأخشساء



شكل ٤٥. أشكال الانهيار في الكمرات الخشبية والأعملة الخشبية.

الروابط الكيميائية للجزيئات السليولوزية بالخشب (Mark, 1967; Browning, 1963). هذا والشد الموازي للألياف في الأخشاب بعد أعل من الشد العمودي على الألياف في الأخشاب بعد أعل من الشد العمودي على الألياف في الأخشاب بدرجة كبرة بنسبة ٤٠ إلى ١ تقريباً. هذا والانهيار في قطعة الاختبار في الشد الموازي للألياف يحدث أي وصورة انهيار من نوع القص وليس انهيار شد حقيقي في معظم الأحوال. وعادة ما يوجد الانهيار بتمزق عبر الألياف يمتد حلزونيا في اتجاهها، وطبيعة هذا الأنهيار وشكله لا تأثير للمحتوى الرطوبي عليها بصورة واضحة، أما الشد العصودي على الألياف فهسو يتقسارب بدرجة كبيرة فوق مقساوسة الانشقاق المعسودي على الألياف فهسو يتقسارب بدرجة كبيرة فوق مقساوسة الانشقاق المساحة بالسوصة المربعة وتكون المساحة بالسوصة المربعة وتكون (Mark, 1967).

قوة مقاومة القبص Shearing Strength

وهذه تقيس قدرة الخشب على مقاومة القوى المسببة لحركة انزلاق جزء من قطعة الاختبار ضد الجزء الآخر منها، وهناك قياس للقص الموازي للألياف، والقص العمودي على الألياف، والقص في الاتجاه الماثل.

ويلاحظ في الكمرات المحملة مركزيًا أن تأثير وزن التحميل يؤدي إلى إحداث قص عبر الألياف في كمرة الاختبار وهذا الجهد يوازي محصلة قوى القص العاملة عموديًا على محور الكمرة وتختلف في مقاطع الكمرة المختلفة حسب شكل الكمرة وطريقة التحميل.

هذا ويلاحظ أيضًا في الكمرات المحملة حدوث قص أفقي، وهو القص الذي يدفع الليفة إلى التحرك في اتجاء معاكس لليفه أخرى في اتجاء محور الكمرة نفسه مثلها يحدث لو وضع عدد من الألواح متراصة فوق بعضها في شكل كمرة، هذا ويلاحظ في الكمرات الخشية الكبيرة أن الانهيار بالقص الأفقي يمكن حدوثه بسبب وجود عيوب طبيعة أصلاً في الكمرة.

وتحسب قوة القص (shear) بالمعادلة التالية :

$$Sh. = \frac{P}{A} \qquad ...(Y-V) \text{ ideals}$$

وتكون سرعة التحميل ١٥٠ر بوصة/ دقيقة

قوة الانحناء ومعامل المرونة ومعامل الكسر

في الواقع أن اختبار الكمرات بالتحميل المركزي، أو التحميل في ثلاث نقط، أو التحميل الموزع يؤدي إلى الحصول على ثوابت للخواص الميكانيكية، ويعطي معلومات أكثر من أي اختبار آخر في الأخشاب، ويلاحظ أن الجهود المتكونة في

الكمرات مع التحميل تظهر بوضوح، ويمكن عن طريق التحميل لقياس قوة الانحناء في الأخشاب الحصول على بيانات متعددة تقيس ثوابت مختلفة في الأخشاب، وفي تجارب قياس قوة الانحناء الاستان في الأخشاب تؤخذ العينات في شكل كمرات بطول اتجاه الألياف بأبعاد ٢×٢×٣٠ سنتيمترًا أو بوصة (حسب نظام القياس) ويكون التحميل بحيث يكون طول بحر العينة ٢٨ سم (أو بوصة)، أو أقل حسب المواصفات المتبعة، سواء في ذلك الأمريكية .Amer. S.T.M أو السريطانية .B.S.S أو غيرها، ويراعى أن تكون العينات خالية من العيوب الطبيعية مثل العقد، ويحسب عدد الحلقات السنوية في السم الطولي أو البوصة الطولية خاصة في المخروطيات ذات الانتقال الفجائي بين خشب الربيع وخشب الصيف (مثل الصنوبريات الجنوبية) كما تحسب نسبة خشب الصيف. وعادة خلال الاختبار يتم في جهاز القياس (أو ماكينة الاختبارات) تسجيل منحني الجهد والانفعال كما يقدر بالضبط مقدار الترخيم أو الانبعاج (deflection) الحادث خلال خطوات التحميل في الكمرة، هذا ويراعي في بدء الاختبار تحديد الوجه الذي يتم عليه التحميل (مماسي أو قطري) وعادة يتم هذا على الوجه الماسي القريب من النخاع في الساق الشجرية، وفي هذا الاختبار تراعي دائيًا سرعة التحميل. وينص عليها في المواصفات القياسية الدولية وهي ١٠٠ بوصة/ث في B.S.S. للعينات ذات المقطع ٢×٢سم (بدران وعزت قنديل . (Choong, 1965) (1944

وبعد إتمام الاختبار بانهيار العينة يسجل شكل الانهيارات ونوعها (انظر شكل 40) وهناك أشكال غتلفة لانهيار الكمرات الخشبية (1950) Wangaard. كما يلي:

۱ _ انهیار شد بسیط

وفيه يكون شد مباشر ممزق للألياف في الجزء الأسفل من الكمرة وهذا يرجع إلى جهد الشد الموازي للألياف، وهذا النوع طبيعي الحدوث في العينات المجففة هوائيًا ذات الألياف المنظمة.

٢ - انهيار شد متقاطع

وفيه يكون سطح الانهيار ناشئًا عن قوى شد تعمل مائلة على اتجاه الألياف، وتظهر بوضوح في الكمرات ذات الاتجاه الليفي المائل أو الحلزوني.

٣ ـ انهيار شد متشظ

وفيه يأخمذ الانهيار شكلًا متعدد الالتواءات (زاجزاج) وينتج عنه الانهيار في الجانب الأسفل من الكمرة، وهو مميز للأخشاب القوية، ويكون فيه سطح الانهيار لمفًا.

٤ ـ انهيار شند هش

وفيه تنهار الكمرة بشكل قطم حاد وهويظهر في الأخشاب الهشة التي تنهار بدون تشكل كبير.

٥ ـ انهيار انضغاط

وفيه يظهر الانهبار في سطح الانضغاط، اي السطح الأعلى من الكمرة، حيث ينهار هذا الجزء أو يتجعد، ثم يمتد إلى بقية قطاع الكمرة.

٣ - انهيسار قيص أفقى

وفيه ننزلق الأجزاء العليا للكمرة في اتجاه مضاد للأجزاء السفلي، ويحدث انفلاق تقريبًا في المحور الطولي الأوسط في الكمرة، وهذا لا يظهر إلا في العينات كبرة الحجم للاختبار، ومن مسبباته عيوب طبيعة تكوين الخشب أصلًا مثل التشققات.

هذا ومن اختبار الانحناء الاستاتي يمكن الحصول على عدة قيم تعطي قياسات توضحها المعادلات التالية التي أوردها العديد من المراجع، مثل بدران وعزت قنديل (١٩٥٩م)، (1968 (1968 و (1952) . Wangaard (1950)

$$r = \frac{1.5 P_1 I}{bd^2} \qquad \qquad ... (\xi - V) \text{ ideals}$$

$$MOE = \frac{P_1 I^3}{4 Dbd^3} \qquad \qquad ... (o - V) \text{ ideals}$$

$$MOR = \frac{1.5 PI}{bd^2} \qquad \qquad ... (V - V) \text{ ideals}$$

$$S = \frac{P_1 D}{2 V} \qquad \qquad ... (V - V) \text{ ideals}$$

$$J = \frac{3P}{4 bd} \qquad \qquad ... (A - V) \text{ ideals}$$

حيث إن b,d,1 عرض العينات وعمقها وبحرها.

P الحمل الأقصى.

P1 الحمل عند حد التناسب.

. modulus of elasticity معامل المرونة MOE

r جهد الألياف عند حد التناسب.

MOR معامل الكسم modulus of rupture

s الشغل عند حد التناسب elastic resiliance

القص الأقصى على وحدة الساحة.

٧ حجم الكمرة بين نقطتي الارتكاز.

. total deflection الترخيم الكلي عند حد التناسب D

هذا وفي اختبار الانحناء الاستاني في العينات الصغيرة تكون نسبة عمق العينة إلى ١٤ في المعتاد، وذلك بمقطع ٢سم، وطول العينة بين ركيزي التحميل ٢٨ سم إلا أنه قد يتم الاختبار خاصة في قطع الاختبار ذات الحجم الاستعمالي الضخم بحيث تكون هذه النسبة ١ إلى ٢٠ والواقع أن هناك دراسات متعددة في هذا المجال

(بدران وعزت قنديل (١٩٧٩م)، (Schniwind (1962) إلا أن المعروف هو أن النسبة ١ إلى ١٤ بالنسبة للعينات الاستعهائية الضخمة الحجم تكون نتائج معامل المرونة MOE في دقتها حوالي ٩٤٪ من الدقة الحقيقية، وقد تصل إلى نسب أعلى من هذا؛ ولهذا فإن تغيير النسبة بين عمق العينة واتساع البحر كعلاقة هندسية في العينات الصغيرة له تأثير على مدى صلاحية البيانات المتحصل عليها وقدرتها على التنبؤ بمعامل المرونة الفعلي للكعرات الخشبية عند استعهالها.

مقاومة الصدم والصلابة ومقاومة الالتواء

اختبار مقاومة الصدم Impact Test

يمرى هذا الاختبار على كمرات تماثل في أبعادها أبعاد قطع الاختبار في الانحناء الاستاقي ويتلخص الاختبار في سقوط مطرقة ذات ثقل معين من ارتفاع معين لتصطدم بكمرة الاختبار المثبتة على ركيزتين بينها مسافة معلومة (٢٤ سم في الاختبارات البريطانية)، ويقاس مقدار الطاقة المتصة بواسطة العينة حتى مجدث الانبيار، وفي أحد الاختبارات الدولية B.S.S. يتم إسقاط مطرقة وزنها هرام كيلوجرام تتحرك في شكل بندول على وسط كمرة الاختبار، وهذه المطرقة تبهط لمسافة ١٩٧٧ متر معطية بهذا طاقة تقارب ١٠ كيلوجرام / متر وفي بعض آلات الاختبار مثل طراز amster فإن الطاقة الحركية الكلية للمطرقة يمتص جزء منها خلال انبيار القضيب الخشبي بالصدم والطاقة المتحدد للعلم في الانجاه المضاد عركة بهذا مؤشرًا مدرجًا رأسيًا يشير إلى الطاقة المتصة خلال كسر الكمرة الحشبية بالكيلوجرام / متر (بدران وعزت فنديل، ١٩٧٩م).

اختبار الصلابة Toughness Test

إن الصلابة تعبر عن قدرة الخشب على امتصاص طاقة حركية أو مقاومة الصدمات، وهي صفة تتأثر بعديد من العيوب الطبيعية للأخشاب، مثل الانهيارات الدقيقة في الجدر الخلوية، أو بعض مراحل التحلل، وقد صمم عدد من آلات الاختبار لقياس هذه الصفة، وأحدها تلك الآلة التي صممها معمل منتجات الغابات في مدينة ماديسون بالولايات المتحدة الأمريكية (Markwardt, 1926) ، وقد وضع علماء معهد منتجات الغابات في ماديسون جداول لقراءة قيم الصلابة بها وتقديرها.

اختبار الالتواء

هناك آلات مصممة لقياس هذه الصفة التي هي عبارة عن اختبار التواء ليعطي إشارة إلى مقدار صلابة العينة المختبرة، وفي هذا الاختبار يتم دوران أحد طرفي الكمرة في اتجاه مضاد لنهايتها الاخرى، وفي هذه الحالة تتعرض الألياف للالتفاف في شكل حلز وفي حور الكمرة جلهود شد، وعند التضافها أكثر تميل إلى الضغط على القطاعات المركزية في محور الكمرة، ومع زيادة الانفعال والتشوه فإن ارتباط الألياف جانبيًا تتفكك وينزلق بعضها عن بعض حتى يتم قصها تمامًا، هذا ويلاحظ أن الأخشاد، المشة تنكس فحاة في هذا الاختبار.

كما يلاحظ أن مصامل التصلب (modulus of rigidity (M.O.G.) في الاتجاه الطولي المياسي، والقطري أو في الاتجاه القطري المياسي يؤثر على هذه الصفة، وكما تذكر معادلة Baumann ؛ فإن M.O.G. تعطيها المعادلة (٧-٩).

وهذه تعطي فكرة عن متانة الأخشاب في هذا الاختبار، وهي تتراوح من ١٠ في خشب الأوكومي الأفريقي إلى ٣٥ في بعض أنواع البياض, (Kollmann and Côté) إـ (1968 ويعطى المرجم نفسه المعادلة التالية لقياس قوة مقاومة الألتواء معادلة (٧-٩)...

$$T = 4.8 \left(\frac{Mt}{p^3} \right) \qquad ..(1 - V)$$

ىپث

Mt عزم الالتواء سم/ كجم P مقطع حافة الكمرة (سم) T قوة مقاومة الالتواء

اختبار الصلادة ومقاومة الاحتكاك والانشقاق في الأخشاب

إن اختبار الصلادة يتضمن قياس مقاومة الخشب لدخول جسم صلب لإحداث ندبة فيه، ويتم اختبار الصلادة بطرق عديدة نذكر منها اختبار الصلادة بطريقة جانكا Janka أو طريقة Brinel ، وتقاس قوة المقاومة أو الحمل اللازم لترقيد نصف قطر كرة من الصلب ذات قطر معلوم ١٩٢٨ ١ ملم مع سرعة تحميل قدرها ٢٥٠ ١٠ ، بوصة ، ويغيب نصف قطر الكمرة تمامًا داخل السطح الخشبي سواء في ذلك المامي أو القطري أو العرضي . وقد درس جانكا (Janka (1915 العلاقة بين الصلادة H وقوة الانسحاق القصوى M.C.S بالمعادلة رقم (١٩٠٧) .

المادلة (١١-٧) . . . (١١-٧) H = 2 M.C.S-500

هذا وفي حالة الأخشاب ذات الصلادة المرتفعة مثل الأخشاب المعالجة بأشعة الجاما والبلاستيك فقد طور قنديل هذا الاختبار ليلائمها (Kandeel, 1974) ، وقد تم تعديل عمق الندبة ليصبح مواكبًا للصلادة المرتفعة لأخشاب البلاستيك المركبة.

أما مقاومة الاحتكاك (abrasion) فتعد مهمة جدًا للأخشاب خاصة في النواحي الاستعبالية كأخشاب الرضيات، أو الأخشاب المعرضة لتآكل مستمر خلال الاستعبال، وظاهرة الاحتكاك هي ظاهرة سهلة لذا فإن الاختبار يتم بطريقة تجريبية بعتة، وعلى هذا فإن قيمته تكون مبنية على أساس المقارنة بيس الأنواع المختلفة (Wangaard, 1950)، ويحسب في الاختبار كمية الفقد بالاحتكاك من سمك العينة خلال احتكاكها بمواد صلبة مثل الكوارتز، أو بتيار هوائي عالي الضغط، أو شرائط صنفرة أو غر ذلك من الأجهزة، ويتم ذلك تحت ظروف تحكم فيها، وهناك ماكينات

مصممة لتحدث التأثير الماثل للاحتكاك في الاستعالات العامة، وهذا بالنسبة لأخشاب الأرضيات، ويقاس فيه الفقد في السمك مع الاحتكاك أو الفقد في الوزن مع الاحتكاك (Brillic, 1919).

والمواقع أن هذه الصفة متعلقة بدرجة كبيرة بالصلادة، وقوة الانسحاق القصوى، وقوة القص، وقد وجد (Kollmann and Côté, 1968) أن هناك علاقة بين مقاومة الاحتكاك والثقل النوعي في الاخشاب، وهذه الصفة تتأثر أيضًا بالمحتوى الرطوبي وفذا نجرى الاختبارات مع مراعاة كل المتغيرات. ويقدم إلى المرجع الأخير تصميم آلة للاختبار ونتائجه. أما اختبار الانشقاق (cleavage) فهو يتعلق بدرجة كبيرة باختبار الشسد العمودي على الألياف ونتائجه مقاربة له، وتنص عليه المواصفات القياصية الريطانية والأمريكية والألمانية.

المرونة واللدونة والزحف ومباديء رهيولوجيا الأخشاب Elasticity Plasticity, Creapard Principles of Wood Rheology تعريفـــات وقوانيــن أساميــة

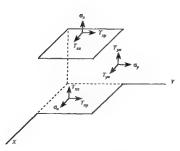
هناك عدد من القوانين يتناول تفسير الظواهر الطبيعية، وفي الحديث عن السلوك الميكانيكي للأخشاب يهتم بظاهرة المرونة (elasticity) التي تعنى أن أي تشكل يحدث في الجسم الأصم عند مستوى منخفض من الجهود يمكن إزالة آثاره تمامًا بمجرد إزالة القوى المحدثة لمذه الجهود إلا أنه فوق نقطة معينة كها سبق القول، وهي نقطة حد التناسب أو حد المرونة، فإن التشكل الدائم يبدأ في الظهور، ومن ثم تصل المادة إلى نقطة الإنهار إذا استمرت الجهود العاملة عليها في التعاظم، وفي الواقع أن حد التناسب نقطة متعارف عليها في الأخشاب وغيرها من المواد، وإذا زاد التحميل أعلى من حد المتناسب يبدأ المنشأ الخشبي في الاقتراب من نقطة الانهيار بظهور انفعال دائم

والمرونة كظاهرة يشرحها قانون هوك (Hooke) الذي ينص على أن الانفعال ε يتناسب مم σ وهو الجهد (كج/ صم ٣).

ومقلوب قيمة X أي \(\frac{1}{k}\) يسادي، وهذه تسمى معامل المرونة أو معامل يانج وموسلوب ومقلوب المراقبة أو معامل يانج (Kollmann and Cote, 1968) فإن هذه الملاقبة تعبير عين جهيد فرضي يمكن أن يجعل قضيبًا يتمدد إلى ضعف طوله الأصلي، ويذكر المرجع أن الضعف في هذا التعريف ظاهر حيث إن قوة الشد في معظم المواد أقبل من معامل مرونتها، ومعاملات المرونة في الشد، أو الانصفاط، أو الانصفاط منه في (Kollmann and Cote, 1968) في القيمة، وإن كان حد المرونة أقل في الانضفاط منه في الشد، ونظأ الأنيز وتروية الأخشاب (الباب الأول) فيمكن على الأقل القول بوجود ثلاثة قطاعات رئيسة هي العرضي والطول القطري والطولي الماسي، وإذا نظرنا إلى تأكد شكلاً أسطوانيًا من الناحية الهندسية والمحاور الثلاثة الرئيسة المتعامدة فيها، هي العرض والطول القطري وإذا اقتطع من الساق المخشي مكعب ذو العرض والطول الماسي والطول القطري، وإذا اقتطع من الساق الخشبي مكعب ذو

فهناك الطولي الماسي، والطولي القطري والعرضي والمقابل لكل منها والأجسام التي يوجد فيها مثل هذا الانتظام التكعيبي (rhombic) إذا فرضت وجود قوة تعمل عليها من الحارج فيها مثل هذا الانتظام التكعيبي (rhombic) إذا فرضت وجود قوة تعمل عليها من وجهذا فإن كل سطح في المكعب الخشيئ المقروض سابقًا تعمل عليه ثلاث قوى رئيسة ومركبتان، وعلى هذا فإن الأوجه الستة للمكعب وجد عليها ١٨، وبها أن الأوجه الستة للمكعب ما هي إلا ثلاثة أزواج (الوجه والقابل لا) فإن كل قوة تعمل على سطح من الحارج بمركبتيها يكون لها رد فعل مساو في القيمة ومضاد في الاتجاه على الوجه المقابل. أي أن هناك في الحقيقة تسعة ثوابت مروبة مستقلة بالنسبة للمواد التي تعميز بالانتظام التكعيبي (rhombic) ومن ذلك نلاحظ أن قانون هوك المذكور آنفًا سنطبقه في هذه الحالة ويكون لدينا (شكل رقم ٥٠) ستة مكونات للجهود، وستة مكونات للانفعال كنوابت مرونة لمثل هذا الجسم الذي يتميز بأنه جسم أينزوتروبي مرن.

2



شكل ٥٥. مكونات الجهود والانفعال في جسم أثير وترويي مرن.

والواقع أن كل جهد يقابله انفعال، وأي انفعال شد في اتجاه أو استطالة يجب أن يرافقه نقصان أو انتخاص في البعد العمودي عليه، وهذا الانكهاش أو التقلص في البعد العمودي يتناسب طرديًا مع الاستطالة المرنة في الجسم والنسبة بين الانفعال العمودي المصاحب للاستطالة عوالانفعال في الاتجاه الطولي ع تسمى نسبة بواسون (poisson) وتتحدد بالقانون.

$$\mu = \frac{\parallel_c}{\epsilon_1} = \frac{\parallel_c}{\epsilon_1}$$
 implies in the latest (14-7) . . (14-7)

ومن المناقشة السابقة لمكونات الجهود في المكعب الخشبي المذكور التي أظهرت ستة مكونـات للجهـد، وستـة مكـونـات للانفصال يظهر وجود ست نسب بواسون في الأخشاب (يراجع شكل ٥٥). هذا وقد حسب (1933) Horig نسب بواسون في الأخشاب كها تبدو في الجدول التالي:

جدول ١٨. نسبة بواسون في الأخشاب

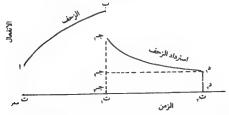
جهود الضغط الموازية لمحور	ي	عور الكمرة		
الكمرة	× عاسي	z قطري	y طوئي	
σ,	S ₁₂	S ₃₂	_	طولــی
σ	S ₁₃	_	S	قطري
$\sigma_{_{_{\! x}}}$	_	S ₃₁	S ₂₁	عاسي

هذا وقد أعطي الباحث نفسه قيمًا لنسب بواسون التي نسبها تتراوح بين ٢١ . و الى ٢٧ و كيا يلاحظ أن الأجسام الأنيزوتسربية مثل الحشب إذا تم ضغطها فإن انضغاطيتها م (compressibility) ريمكن حسابها بالمعادلة التي أعطاها Kollmann and كيا يل:

$$C_{_{0}} = S_{_{11}} + S_{_{22}} + S_{_{33}} + 2 (S_{_{23}} + S_{_{31}} + S_{_{21}}) > O ..(1 \xi - V)$$
 liable

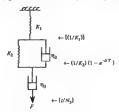
ومعسامـل الجسرم (bulk modulus) هو التعبير عن الانضغاطية، ويتراوح ما بين ١٥ (٩٠ × ١٠ سم ١ / كجم بالنسبة للمخروطيات. وأما في الصالدات فيتراوح ما بين ١٦ (٣٠ × ١٠ إلى ٥ (٣٠ × ١٠ ٠ مم ١٠ / كجم ومن هذا بحسب نسبة بواسون للجرام، وهي التي تقـل عن نصف، وذلك حسب ما أورده (١٩٥٤). Kollmann and Coté. (1968) ويدكر المرجع نفسه أن الانضغاطية دالة الكتافة، وتتناسب عكسيًا مع الثقل النوعي. هذا ونلاحظ أن قانون هوك (Hooke) لا يمكن أن يشرح سلوك الأخشاب تلك المادة المحقدة المركبة من ثلاث بلمرات عالية على الأقل، وهذا يؤكده أن منحني الجهد

والانفعال للخشب ليس هو المنحى المثالي لسلوك الاختصاب تامة المرونة مثل المطاط، فمع تكرار دورات التحميل بدون الوصول إلى حد المرونة فإن نوعًا من اللدونة والتغير يبدأ ظهوره في شكل المنحنى، فتكرار دورات التحميل يعطي منحنيات يزداد فيها الانفعال تدريجًا، وبها نوع من اللدونة، ويختفي السلوك المرن النموذجي، أي يبدأ ظهور نوع من التشكل الدائم بدرجة كبيرة برغم عدم الوصول لنقطة حد النناسب أو حد المرونة والحشب يسلك بهذا سلوكًا فيه لدونة (elasticity) برغم أنه يسلك بدرجة معمقولة سلوكًا مؤل (واعتمال علم عمقولة سلوكًا فيه لدونة (عمل ثابت في آلة الاختبار على قطعة عمم من الخصاب، أي إذا وجهنا جهذًا ثابتًا لفترة زمنية طويلة فإن القطعة الخشبة الموجه عليها هذا الجهد الثابت يظهر فيها نوع من الانفمال المتزايد كدالة للوقت على الرغم من وجود حمل ثابت قيلم، وهذا الانفعال يعبر عنه بالزحف، أي اختفاء للانفعال المنابث مع مرور الوقت (شكل رقم ٥٦))، وعند إزالة هذا الحيل مباشرة بحدث السترخاء للجهود ينتج عنه استرداد للزحف، أي اختفاء للانفعال الذي ظهر تحت الحمل الثابت مع مرور الوقت (شكل رقم ٥٦).



شكل ٥٦. متحنى بيين ظاهرة الزحف واسترداده في الأخشاب باستخدام حمل ثابت وتغير الزمن

ويإزالة كل هذه الجهود والاسترداد المرن للانفعال نجد أن هذا الاسترداد المرن للانفعال لا يكون كامالًا بل يتبقى تشكل ضئيل دائم بعد دورة التحميل وإزالة التحميل والسلوك الميكانيكي في مثل هذه الحالة يسمى سلوك لزن (viscoclastic). وهو مثل سلوك الأخشاب وعدد من البلمرات العالية، والواقع أنه قد وضعت نهاذج رياضية رهيولوجية لوصف هذا السلوك في الأخشاب الذي يجمع بين اللزوجة والمرونة، وإذا نظر إلى اللزوجة ويعبر عنها تخطيطيًا بالمكبس (شكل رقم ٥٧) ويصفها



 $\delta_i = F[(1/K_1) + (1/K_2)(1 - e^{-t/T}) t/N_5]$

شكل ٥٧. تموذج تخطيطي يصف ظاهرة الزحف

قانون نيوتن وإذا رمز للسلوك المرن بشكل زنبرك ويمثله قانون (Hooke) فهناك نهاذج خطيطية ورياضية لشرح رهيولوجيا الأخشاب في ضوء استخدام تخطيط جسم Maxwell (وفيه المكبس والزنبرك على التواني) أو تخطيط جسم ماكسويل Maxwell (وفيه المكبس والزنبرك على التواني) فإنه يمكن وضع نموذج تخطيطي رياضي لوصف السلوك (Schniewind, 1962) للأخشاب وهناك نموذج رياضي استقلمي (Schniewind, 1962) ما الملزن وقد ذكر هذا النموذج بدران وعزت قنديل (۱۹۷۹م) وهو يجمع بين جسمي ماكسويل وكلفن ليمثل ظاهرة الزحف واسترداد الزحف في الأخشاب باستخدام ثوابت قانون والحرارة مع الحميل الثابت، ثم إزالة التحميل، هذا ويذكر بدران وعزت قنديل والحرارة مع الحميل الثابت، ثم إزالة التحميل، هذا لايزال قائيًا بصورة عبرة وصف السلوك الميكانيكي الكامل للخشب. والواقع أن هذا لايزال قائيًا بصورة كبرة وضف السلوك الميكانيكي الكامل للخشب. والواقع أن هذا لايزال قائيًا بصورة كبرة إذ إن فروض نظرية اللزونة السابقة تركز على التحميل بمستويات أقل من نقطة حد

المرونة، أو حد التناسب بدرجة كبيرة كيا أنها تعجز عن تقديم شرح رياضي لظاهرة الانهيار في الأخشاب، وهي بهذا تقسر الجزء الأول من منحنى الجهد والانفعال في الأخشاب، وتعجز عن شرح بقية المنحنى. وكها سيذكر فيها بعد فإن هناك عوامل عديدة تدخل في التأثير على السلوك الميكانيكي للأخشاب ورهيولوجيتها ومازال العديد من العلها، يقدمون نظريات في هذا المجال إذ إن التركيب التشريحي والتباين فيه والكثافة واختلافها وأساسًا التركيب الكيميائي للنسيج الخشبي وعلاقة هذا بالظروف المحيطة بالأخشاب مثل السلوك الميكانيكي للأخشاب الذي يعرفه العلهاء جيدًا من الناحية التطبيقية المعلمية، وإن كان مايزال هناك الكثير الذي يعرف العلهاء جيدًا من الناحية التطبيقية المعلمية، وإن كان مايزاك

العوامل المؤثرة على السلوك الميكانيكي للأخشاب Factors Affecting Mechanical Behaviours

الكثافة وعلاقتها بالخواص المكانيكية

إن السلوك الميكانيكي للأخشاب ماهو إلا عبارة عن ناتج تأثيرات عوامل داخلية في الخشب فالتركيب التشريحي والكيميائي معًا لهما تأثير مباشر على كتلة الجدار الخلوي المتكونة في وحدة الحجوم بالساق أي على الكثافة، والكثافة بدورها مؤثر رئيس على الحواص الميكانيكية كافة للأخشاب. وهناك علاقة بين الكثافة والمثانة كإلمي :

العادلة (١٥-٧) . . (١٥-٧)

حث S = صفة الثانة

a = ثابــت

G = الثقل النوعي

n = أس يتغير حسب صفة الثانة

والأس (n) تتراوح قيمته ما بين 70 إلى 7070 حسب قيمة المتانة، وهناك جداول لهذا (Kandeel and Beusend, الكريكا (Kandeel and Beusend, الإمريكا (Wood Handbook, 1974).

العوامل النموية وتأثيرها على السلوك الميكانيكي

وهذه تؤثر في انتظام الألياف والحلقات النموية حيث إن ثوابت المرونة تختلف كليا كان اتجاه الألياف منحرفًا عن اتجاهها الرأسي مع محور الشجرة وخواص المتانة في اتجاهات تتباين عن الاتجاه الموازي أو العمودي للألياف يمكن تقديرها بالمعادلة المشهورة باسم Hankinson وفيها

حيث N = هي صفة المتانة في خط ينحرف بزاوية مقدارها ﴿ عن اتجاه الألياف، و P = هي صفة المتانة في الاتجاه الموازي للألياف و n = ثابت يقدر معلميًا، Q = هي صفة المتانة في الاتجاه العمودي على الألياف.

والـواقــع أن مصـادلــة Hankinson بمكن التعبـير عنهـا تخطيطيًا بوســوم بيانية للاستدلال على القيم من جداول بيانية موضوعة. كذلك نلاحظ أن خشب رد الفعل بنوعية (الفصل الرابع) له تأثير كيا أورد من قبل على صفات المتانة.

ونسبة الخشب المتاخر في الخشب وخشب القلب أو خشب العصارة في الكمرة الخشبية كل هذا يؤثر على صفات المتانة في الأخشاب (الفصل الأول) كذلك فمن المعروف أن الانهارات الانضغاطية وإجهادات النمو والعقد الخشبية بأنواعها وجيوب القلف والراتنج (الفصل الرابع) تؤثر مباشرة على السلوك الميكانيكي للأحشاب، ويلاحظ أن الحصول على الخشب من أشجار حية أو أشجار تكون قد ظلت واقفة في موقعها فترة طوية الخشب، بمعنى أن الخشب المستخرج في الحاليين له الجودة نفسها، وقد أجريت أبحاث في معمل منتجات الغابات الأمريكي على عدد من الأشجار التي تركت في موقعها مينة لمدة خمسة عشر عامًا، ولوحظ أن سلوك أخشابها الميكانيكي لم يختلف عن الأشجار التي تراعى في حالة الأشجار التي تسقط بعد موتها بفترة هو إسقاطها. هذا والمحاذير التي تراعى في حالة الأشجار التي تسقط بعد موتها بفترة هو

٣٢٦ تقنية الأخشياب

مراعاة عدم إصابتها بأي إصابة فطرية تؤدي إلى تدهور أخشابها وتحللها -Wood Hand) (book, 1974 .

المحتوى الرطوبي وتأثيره على السلوك الميكانيكي

يؤثر المحتوى الرطوي بدرجة كبيرة على الخواص الميكانيكية خاصة تحت نقطة تشبع الألياف، ويلاحظ أن معظم الخواص الميكانيكية للأخشاب تنخفض مع ارتفاع المحتوى الرطوي، كما أن العلاقة بين السلوك الميكانيكي والمحتوى الرطوي تشرحه بسهولة العلاقة الرياضية التالية:

$$P = P_{(12)} \left(\frac{P_{(12)}}{P_e} \right) = \left(\frac{M{-}12}{M_p{-}12} \right) \label{eq:power_power} \tag{1V-V} \ \text{indepth}$$

حيث P صفة المتانة ، M المحتوى الرطوبي الفعلي ، بط هو محتوى الرطوبة الذي يلحظ عنده تغير الصفة بعد التجفيف (أقل من نقطة تشبع الألياف) (Fisher, 1953) وهي تختلف في الأجناس، ففي البلوط الأبيض تبلغ 48% في السبروس الأحمر والبيرش الأصفر، وورم 6 همي الصفة الميكانيكية مقدرة عند 11% رطوبة في حين أن إ هي قيمة الصفة الميكانيكية مقدرة عند المحتوى الرطوبي الاخضر، ويلاحظ أن هذه المعادلة رقم (١٧٧) لا ينصح باستعهالها لحساب الشغل حتى الحمل الأقصى أو الشد العمودي على الألياف، أو الأنحناء بالصدم (Dunlap et al., 1947; Wood Handbook, 1974)

درجة الحرارة وتأثيرها على السلوك المكانيكي

إن درجة الحرارة تؤثر على الخواص المكانيكية للأخشاب بالخفض تنخفض متانة الأخشاب مع ارتضاع الحرارة، وتزيد مع البرودة بصورة سريعة ومباشرة، وإن كان التعرض للحرارة المرتفعة فترات طويلة له تأثيره على المركبات الكيميائية للجدار الخلوي عا يخفض من المتانة، وعند ثبات الرطوبة فإن العلاقة بين المتانة ودرجة الحرارة علاقة استقامية حتى ١٠٠٠م، والتأثير بخفض الخواص الميكانيكية لا يكون دائيًا. ويلاحظ أن التأثير الدائم عند درجات الحرارة العالية بخفض المتانة يرجع إلى تكسير المركبات

الكيميائية للجدار الخلوي، وهذا يتوقف على المحتوى الرطوبي الموجود وظروف التعرض للحرارة. ومن أكثر الصفات الحساسة، الشغل حتى الحمل الأقصى الذي يتأثر بدرجة كبيرة بالحرارة العالية فينخفض على هذا معامل الكسر، كذلك يلاحظ أن التعرض للحرارة لفترة طويلة في ظرورف الحرارة العالية ذو تأثير تجميعي في خفض المتانة (Wood Handbook, 1974).

الزمن وتأثيره على الخواص الميكانيكية

نلاحظ أن الأخشاب إذا حملت ثم أزيل الحمل - وكان التحميل تحت حد المرونة لحظيًا - فإن العينة الخشية لا يظهر فيها تشكل واضح إلا أن تكرار التحميل تحت المرونة لعدة دورات يصاحبه تغير في منحنى الجهد والانفعال، وبالتالي فإنه يلاحظ ظهور انفعال ضئيل في العينة بتكرار دورات التحميل فترات أطول، كذلك فإن قطمة ظهور انفعال ضئيل في العينة بتكرار دورات التحميل فترات أطويلة فإن هناك إنفعالا إنفعالا إنفعالا إنفعال المنفعال دالة لتأثير الزمن مع الحمل يظهر كها سبق القول في الفصل السابق. وهذا الانفعال دالة لتأثير الزمن مع الحمل الثابت، وهذه الظاهرة هي ظاهرة الزحف (creep) التي ذكرت آنفًا، ومع إزالة الحمل الثابت وبمرور الوقت يحدث استرداد للزحف أو استرخاء، ويختفي الانفعال الذي ظهر من قبل إلا أن هذا الانفعال ييقي منه جزء ضئيل، وهذا هو تأثير زمن التحميل، أي

١ ـ حالة دورات الإجهاد والتحميل تحت حد المرونة.

٢ - حالة التحميل الثابت لفترات طويلة من الوقت.

ونلاحظ أن تكرار التحميل لفترات كثيرة (أقل من حد التناسب) يؤدي في النهاية لظهور ظاهرة التعب (fatigue) وهي عبارة عن تشوه مستمر يتزايد عند تعرض الجسم لأهمال قد لا تحدث الانهيار بنفسها، ولكن تكرارها يؤدي إلى الانهيار، ويذكر مرجع معمل منتجات الغابات الأمريكية أن هله الظاهرة يجب أخلها في الحسبان عند تصميم منشآت خشبية إذا كان هناك جهود متكررة لدورات أكثر من ٥٠٠٠٠٠ دورة خلال فترة حياة المنشأ، وهنا يلاحظ عمر فترة التعب، أي عدد دورات التحميل،

ونسبة الجهد الأعلى إلى الجهد الأدنى، ونوعية التحميل سواء كان الشد موازيًا أم عموديًا، ومن هذا يمكن تقدير أعلى جهد سوف يتعرض له المنشأ .(Wood Handbook) (1974).

ولا يمكن إهمال تأثير التقادم كنوع من تأثيرات الزمن على السلوك الميكانيكي ، وإن كان هذا العامل بحتاج إلى مدى كبير كي يظهر تأثيره .

الإشعاعات النووية وتأثيرها على السلوك الميكانيكي

جرعات أشعة جاما العالية أو النيترونات يمكن أن تحدث تدهورًا إذا زادت عن ميجاراد واحد (Megarad) ويكون هناك انخضاض ملحوظ يظهر في قوة الشد الموزاي وفي الصلابة، أما إذا وصلت الجرعة إلى ٣٠٠ ميجاراد (Megarad) فإن قوة الشد تنخفض بمقدار ٩٠٪، والإشعاعات النووية تؤثر على قوة الانسحاق القصوى إلا أن تأثيرها أقبل من ذلك الواضح في قوة الشد، فعند جرعة تشعيع بالجاما قدرها ٣٠٠ ميجاراد تنخفض قوة الانسحاق القصوى بمقدار ٣٠٠، وهناك دراسات عديدة في هذا المجال على الأخشاب المختلفة في مناطق العالم كافة (Wood Handbook, 1974 ، El-Osta, Kandecl, El-Lakany, El-Meligy El-Morshidy, 1985)

أساسيات الاختبارات فير المدمرة للأخشاب Nondestructive Testing

تعتمد الاختبارات غير المدمرة للأخشاب على قياس السلوك الميكانيكي المتوقع لعناصر الإنشاءات الحشبية كالكمرات والاعمدة بأحجامها الاستعهالية بطرق غير تدميرية تساعد على تقويم هذه الأخشاب وإعطائها نوعًا من التدريج بحسب الجهود التي تتحملها (stress grading). وفي حالة الاختبارات غير المدمرة تستخدم آلات اختبار قادرة على بث موجات فوق صوتية، أو إحداث اهتزازات يتحصل منها على قيمة تدل على مرونة المادة الخشبية، وفي هذه الحالة يجب أن تحدد العلاقة ما بين معامل

المرونة ومعامل الكسر، ثم تستخدم للتنبؤ بأحمال الانهيار التي يمكن أن تتعرض لها الكمرة الخشبية. وقد درس (1965) Sunley العلاقة بين معامل المرونة ومعامل الكسر في المخروطيات كما درس (Kandeel (1978) العلاقة نفسها بالنسبة لصالدات الأخشاب وأوجد علاقات استقامية لوصف العلاقات المذكورة بطرق إحصائية تمكن في النهاية من التنبؤ بقوة الثنى المتوقعة داخل مدى من الاحتمال. وهنا نذكر أنه يجب أن نضحى بالدقة إذا أردنا توسيع مدى الاختبار، والطريقة العاملة للاختبارات غبر المدمرة تعتمد على توجيه موجات فوق صوتية ناتجة من اهتزازات سواء أكان اهتزازًا انحنائيًا أم انضغاطيًا أو التواثيًا (torsional) . ويقاس في هذه الحالة التردد الطبيعي (resonant frequency) بالعينة نتيجة لذلك، وتحسب ثوابت المرونة. والطرق تعتمد بهذا الشكل على بث موجات داخل الخشب وتحليلها سواء كان ذلك بالاهتزاز الإجباري أم بغيره (بدران وعزت قنديل، ١٩٧٩م). هذا ويلاحظ أن مرور الموجات فوق الصوتية في الأخشاب يستخدم وسيلة لتدريج الأخشاب المنشورة، وأخشاب الألواح المركبة، كما تستخدم الطرق الصوتية لكشف العطب حيث إن التردد الاهتزازي الطبيعي للأعمدة الخشبية دالة لنسبة العفن الموجود بخشبها، كما أن هناك طرقًا أخرى للاختبارات غير المدمرة تستعمل الجهد الطولى، حيث يبث في شكل موجات تحركها في الكمرة الخشبية دالة لكثافة هذه الكمرة والعيوب الداخلية فيها، وهذه الطريقة تمكن من قياس مرونة الأخشاب بقياس موجات الجهد المتولدة بالصدم (impact-induced stress waves) ، كذلك فإن هناك عديدًا من الطرق التي تعتمد على أخذ صور بأشعة إكس للأعمدة الخشبية أو الأشحار القائمة لكشف مقدار التحلل فيها، والواقع أن هذا المجال به الآن العبديد من الأبحاث كلها تتركز حول كشف أو التنبؤ بالسلوك المكانيكي للمنشأ الخشبي بصورته الاستعالية بدون اللجوء لأخذ عينات تختر بطرق تقليدية. ومن المعروف أن هناك طرقًا عديدة لتقدير الثوابت المؤثرة على السلوك الميكانيكي، مثل الكثافة، وطرق قياسها باستخدام أشعة البيتا حسب الطريقة التي أوردها (1980) Kandeel بدون تدمير العينات، ومن معرفة الكثافة يمكن التنبؤ بالسلوك الميكانيكي بصورة محددة.

الأساس الكيميائي للسلوك المكانيكي للأخشاب Chemical Bases of Mechanical Behaviour Wood

حيث إن السلوك المكانيكي هو دالة للتركيب التشريحي للأخشاب فإن مصدر المتاة في الخشب هو الألياف بجدرها المكونة من طبقات وطبيقات (الفصل الثاني)، ونلاحظ أن الأساس الكيميائي للجدار الحلوي يتكون من ثلاث مجاميع من البلمرات العالمية، هي السلولوز، واللجنين، واليوليوزس -، والأول هو المسؤول عن متانة الحشب بدرجة كبيرة فهو على درجة عالية من البلمرة، كيا أن درجة بلورته المرفعة تجعل له دورًا رئيسًا كهبكل بنائي للنسيج الحشبي. أما اللجنين ذلك المركب الفيتولي الذي يربط الألياف بعضها ببعض فيعمل كعامل مصلب لبقية التركيب البنائي لللجدار الخلوي والبوليوزس دوره كهادة مائلة مصفوفة في الجدار يجعل له دورًا أيضًا في متانة الأخشب، وكل منها له دوره الرئيس الذي يلعبه في السلوك الميكانيكي، وعلاقة التركيب التشريحي والكيميائي بالمتانة يمكن تناول علاقة المشتويات. هي المستوى الجزيئي، والمستوى الحين المجردة إلا أن الحديث عن السلوك الميكانيكي والمستوى الحواب يتضمن تناول علاقة الجهد بالانفعال سواء قبل الوصول إلى (Mark, 1967).

السلوك الميكانيكي تحت حد المرونة

يلاحظ على المستوى الجزيشي أن الروابط الهيدوجينية ما بين السلاسل البوليمرية وداخلها تتكسر وتنزلق بعضها عكس بعض، وإذا كانت ملتفة حول بعضها يحدث فك لهذا الالتضاف وإعادة تشكل، وفي هذه الحالة فإن التركيب البوليمري يمتص الطاقة بدون انهارات واضحة. وعلى المستوى المجهري يلاحظ أن الروابط الهيدوجينية بين الميكروفبرلات الداخلية في طبقات الجدار الخلوي تتكسر، ثم يعاد تشكلها بالانزلاق بجوار بعضها، والتشكل في هذا المستوى يتضمن الروابط الهيدوجينية بالإضافة إلى التشكل الذي يحدث في ترتيب طبقات الجدار الخلوي داخل طبقات الجدار، وفي هذه الحالة تكون قوة البناء الفينولي بالجدار كافية، بحيث إن

الانهيار المبدئي بجدث فقط في الهيكل البنائي للكربوهيدرات، ويصاحب هذا أيضًا بدء انهيار بسير ما بين طبقات الجدار الخلوي في طبقات الا ، الا ، وبدء انهيار الروابط ما بين رح و الامم بقاء وو ورحمة التي تستمر متحملة للجهود أساسًا، وفي هذه الحالة يرجم مسطح الانهيار الخشن إلى انفصال في بعض السروابط التصاوية داخسل الكربوهيدرات إلا أنه في بعض الأحيان مجدث تنام في الجهود الموجهة لهذه الطبيقات عما ينتج عنه انهيار مبدئي في الهيكل الفينوفي للجدار، وهذا ما يعطي مظهرًا متشظيًا لسطح الانهيار فيها بعد عن حدوث الانهيار (Rowell, 1984) وعلى مستوى العين المجردة ليلاحظ تشكل وتغير في أوضاع الخيلايا معًا وإن كانت هذه التغيرات عند الجهود المنخفضة تسترد بمجرد إذالة القوى المحدثة للجهد حيث إن الخشب يكون مازال داخل مرونته (Rowell, 1984).

السلوك الميكانيكي فوق حد المرونة

من الناحية الجزيئة فإن الوصول إلى هذا المستوى (فوق حد المرونة) يصاحبه لتحسير في الروابط الهيدروجينية ما بين السلاسل البوليمرية وداخلها، وازلاق شديد، وإعادة ترتيب مواقع هذه السلاسل بعضها ببعض، وتشكل واضح في روابط لتنتج C-C, C-O المداخلة في التركيب الحلقي للسليولوز وتكسير في هذه الروابط لتنتج مركبات ذات وزن جزيق منخفض ودرجة بلمرة أقل، وهذا النوع من التشوه الدائم والناتيج عن الجهود فوق حد المرونة كذلك التكسير في روابط O-C ما بين اللجنين والكربوهيدرات، ويلاحظ أن التشكل في هذا المدى تشكل لدن وليس مرنًا، ويتميز هذا المدى تشكل لدن وليس مرنًا، ويتميز الكربوهيدرات، ويلاحظ أن البناء الفينوفي لا ينهار أولاً حيث إنبارا المكل النسيجي في النسيج الحثب ويلاحظ أن البناء الفينوفي لا ينهار أولاً حيث يبدأ ظهور تشققات في الجدار وعند مستوى العين المجردة فإنه يظهر بوضوح التشوه المكروفيلات في طبقات الجدار وعند مستوى العين المجردة فإنه يظهر بوضوح التشوه التمرق لتمطي سطحًا خشنًا للانهيار، وإما بانهيارات داخل طبقات الصفيحة الوسطى التمرق لتمطي مسطحًا خشنًا للانهيار، وإما بانهيارات داخل طبقات الصفيحة الوسطى المركبة، حيث تنزلق خلية بجبوار الأخيرى، ويظهر شكل متشظ لسطح الانهيار مصاحب لهذه الظاهرة (607) (Rowell 1984; Mark, 1967).

التباين في السلوك الميكانيكي للأخشاب Variation in Mechanical Behaviour of Wood

كما سبق في الحديث عن تكوين الأخشاب وتركيبها التشريحي في الفصلين الأول والثناني، والصفات الطبيعية في الفصل السادس. فإن السلوك الميكانيكي المعتمد بدرجة كبيرة على التركيب التشريحي والكثافة يتباين بناء على التباين المتوقع في التركيب التشريحي والكيميائي، ومن ثم الكتلة الخشبية في وحدة الحجوم المعبر عنها بكثافة الأخشاب. والواقع أن التباين في طول الألياف واضح (الفصل الثاني) داخل الجنس والنوع نفسهما بل داخل الساق الشجرية نفسها بالإضافة إلى اختلاف المخروطيات عن الصالدات في هذا كما وأن نسبة المكونات الخشبية تتباين بين الأجناس وداخل النوع الواحد أيضًا فنسبة الألياف مثلًا في المخروطيات تصل إلى ٩٣٪ بينها في الصالدات تتباين من ٢٥٪ إلى ٧٥٪ هذا والكثافة إيضًا تتفاوت وتتباين داخل السيقان الشجرية، وبالتالي فإن السلوك الميكانيكي يتباين بدرجة واضحة داخل السيقان وقد قدم بدران وعزت قنديل (١٩٧٩م) تلخيصًا وافيًا لهذا الموضوع، هذا والأساس العلمي يرجع إلى طبيعة تكوين الأخشاب في السيقان الشجرية، وهذه الطبيعة تختلف وراثيًا من جنس إلى آخر ومن نوع إلى آخر، ولها أنهاط من التباين في كل حالة، وقد درست أنهاط التباين (patterns of variation) في التركيب البنائي للحلقات النموية في السيقان. وتؤكد الدراسات أن نسبة كبيرة من التباين المتوقع في الصفات الطبيعية والميكانيكية يرجع إلى التباين داخل السيقان داخل النوع الواحد أكثر مما هو راجع للتباين بين السيقان بعضها مع بعض، وقد درست هذه الأنباط بواسطة ,Kandeel and Bensend, 1969 Richardson, 1961; Saucier and Hamilton, 1967; ويمكن أن يذكر ثلاثة أنهاط للتباين في السيقان الشجرية للصفات الفيزيقية، أو السلوك المكانيكي، وهي النمط الماثل (oblique) ، وهو يتتبع التغير داخل الساق موازيًا لاتجاه الحلقات السنوية من القمة إلى القاعدة، والعامل المؤثر فيه بالتأكيد هو تغير عمر الكامبيوم المكون لمناطق الخشب على طول الساق. أما النمط الثاني فهو الأفقى (horizontal) ، وفيه يتغير عمر الكامبيوم المكون للخشب، وسنة النمو أيضًا. أما النمط الثالث فهو الرأسي (vertical) ، ويتتبع فيه الأخشاب المكونة من كامبيوم ذي عمر واحد من قمة الشجرة إلى قاعدتها، والعامل

المؤتر فيه بوضوح هو سنة تكوين الخشب التي تختلف فيه بطول الساق رأسيًا. هذا وقد وضعت طرق رياضية حديثة للراسة النباين يتتبع أنهاطه داخل السيقان، ويبن الأشجار، وقد وضع Kandeel في عام ١٩٧١م (Kandell, 1978) معادلات متعددة الخدود للتعبير عن أنهاط التباين وطبيعتها بطريقة رياضية ، ودراسة إمكانية التنبؤ بها إحصائيًا، وقد تناول الباحث المتغيرات المؤثرة في إحداث كل من أنهاط التباين الثلاثة المعروفة داخل سيقان الأشجار والطريقة مهمة لتقويم التباين داخل الأشجار الذي يضوق بكثير التباين بين الأشجار في الصيف الواحد، وعما هو مؤكد من المراسات الحديثة أنه من الصعب وضع نمط عام للتباين في السلوك الميكانيكي للصالدات أو المخروطيات بدون التضحية بالدقة العملية نظرًا لتفاوت طبيعة التباين بين الأجناس.

المراجسج

المراجع العربية

بدران، عشيان حدلي وصرت قنديل، السيد ١٩٧٩. أساسيات علوم الأشجار وتكنولوجيا الأخشاب. دار المطبوعات الجديدة. جمهورية مصر العربية. (طبعة ثالثة معدلة).

المراجع الاجنبية

Bazhenov, V.A. 1961. Piezoelectric Properties of Wood. Consultants Bureau. New York.

Brillie, H. 1919. Sound wave resistance in different media, Genie Civ. 75, pp. 171, 194 and 218.

Brown, H.P., Panshin A.J. and Forsaith, C. 1952. Textbook of Wood Technology. Vol. II. McGraw Hill. New York

Browning, B.L. 1963. The Chemistry of Wood. Interscience Publishers. New York. p. 689.

Choong, C.T. 1963. Movement of Moisture through a Softwood in the Hygroscopic Range. For. Prod. J., 13, pp. 489-498.

- Dunlap, M.E. and Bell, E.R. 1951. Electrical Moisture Meters for Wood. U.S. Dept. of Agric. For. Prod. Lab. Rep. No. R 1660. Madison. Wi. U.S.A.
- Eberius, E. 1952. Wasserbestimmung Nach Karl Fischer in der Sprengstoffchem. Angew. Chem., 64, p.195.
- Elosta, M., Kandeel, S.A., El Miligy, A. El Lakany, H. and El Morshidy, M. 1985. Mathematical Description of the Change in Properties of Casuarina Wood upon Exposure to Gamma Radiation. Wood and Fiber Sci., 17, No. 1.
- Fischer, K. 1953. Neues Verfahren zur MaBanalytischen Bestimmung des Wassergehalts von Flussigkeiten und Fasten Korpern. Angew. Chem., 48, p. 394.
- Hart, C.A. 1964. Principles of Moisture Movement in Wood. For. prod. J., 14, pp. 207-214.
- James, W.L. 1961. Internal Friction and Speed of Sound in Douglas Fir. For. Prod. J., 11, pp. 382-390.
- Kandeel, S.A. 1978. Moduli of Rupture and Elasticity Relationship in Few Tropical Hardwoods. Wood Eng. Session, 32 Ann. Meeting of For. Prod. Res. Soc. Atlanta. Ca. U.S.A.
- Kandeel, S.A. and Bensend, D. 1969. Structure, density and shrinkage Variation within Silver Maple. Wood Sci., Vol. 4, U.S.A.
- Kollmann, F. 1936. Wege und Ergehnisse der Mechanisch-Technologischen Holzforschung. Forstarch., 12 No. 1.
- Kollmann F. and L. Malquist. 1955. Untersuch., uber das strahlung., trockn., Holz Als Roh und Werkstoff pp. 13-249.
- Kollmann, F. and Kerch, H. 1960. Dynamische Messung der Clastischen. Holzeigenschaften und der Dampfung. Holz als Roh-und Werkstoff. 18: 41-51
- Kollmann, F. and Hockele, G. 1962. Kritischer Vergleich einiger Bestimmungsver faheru der Holzfeuch tigkeit. Holz als Roh-und Werkstoff. 20: 41-51.
- Kollmann, F. and Cote, W.A. 1968. Principles of Wood Science and Technology - Springer Verlag. New York. p. 592.
- Kubler, H. 1962. Schwinden und Quellen des Holz., derch., Kalte., Holz als Roh - und Werkstoff. 20:364-368.
- Lin, R.T. 1965. A study on the Electrical condition in Wood. For. Prod. J., 15 pp. 506-514.
- Mark, R.E. 1967. Cell Wall Mechanics of Tracheids, Yale Univ. Press. U.S.A. p. 310.
- Markwards, L.J. 1926. New Toughness is Aid in Wood Selection For. Prod. Wood Working Industies. *James town.*, Vol. 2. pp. 31-34.
- MacLean, J.D. 1941. Conditioning: Heating, piping and air conditioning. 13:380.

- Meyer, J.F. and Rees. L. W. 1926. Electrical Resistance of Wood with Special Reference to the Fiber Saturation Point. N.Y. State Univ., Stat., Col., Forestry Syracuse University Tech. Pub; 19.
- Peck, E.C. 1928. Am. Lumberman (14): 52.
- Rowell, R.M. 1984. The Chemistry of Wood Strength. In: Rwell, (Ed.) The Chemistry of Solid Wood pp. 211-257. Adv. Chem. Ser. No. 207.
- Schriewind, A.P. 1962. Mechanical Behavior of Wood in the Light of Its Anatomic Structure. In Proc. Conf. Mech. Behav. of Wood. Univ. of California pp. 136-146.
- Skaar, C. 1948. The Dielectrical Properties of Wood with Special Reference to Fiber Saturation Point. NnY.S. Coll. For. Syracuse Univ. Tech. Pub. No. 69.
- Skarr, C. 1972. Water in Wood. Slyracuse University Press. pp. 218.
- Smith, D.M. 1961. Methods of Determining Specific Gravity of Wood Chips. USDA. For. Prod. Lab. Madison, Wi. U.S.A.
- Stamm, A. 1938. Calculations of Void Volume in Wood. Ind. Chem., 30, p. 1281.
- Stamm, A. 1964. Wood and Cellulose Science. Ronald Press. New York. p. 549.
- Trendelenburg, R. 1939. Das Holz als Rohstoff. Textbok 1st ed. Munchen. J.F. Lehmann Verlag.
- Weatherway, R.C. and Stamm. A.J. 1946. The coefficients of Thermal Expansion of Wood and Wood Products. US For. Prod. Lab. Rep. No. 1487, Madison, Wi, U.S.A.
- Wood Handbook. 1974. Wood as an Engineering Material. US Dep. of Agric. For. Prod. Lab. Madison Wi. U.S.A.
- Wangaard, F.F. 1950. The Mechanical Properties of Wood. J. Wiley. New York. p. 377.
- Zimmerman, M. 1964. The Formation of Wood in Forest Trees. Ac. press. New York. p. 562.

الملاحسان

Banak (V. surmamensis)	14	ı	1.4.	Y E	10,0	0.16.	٠٧,	٥/.	
	4	٠,٤٢	۰۰۲, ۵	1,78	6,1	4,44	٧٧.	44.	
Banak (Virola koschnyi)	14	ļ	١٠,٨٠٠	1,44	>, 1	0, 44.	1,4	.37	
	%	, , , , ,	7, 7	1, (1	٥, ٣	۳,	11.	***	
Balsa (Ochroma pyramidale)	14	٠,١٧	٧,٨٠٠	.,00	1	1, 4	4	1	
Avodire (Turraeanthus africanus)	14	0 !	14.4.	1, 8,	3,6	٧,١٨٠	Y , . E .	١,٠٨٠	
Apitong (Ditterocarpus spp.)	17	ı	19, 7.	Y, 40	Į	۸,۵ξ٠	1, 14.	1, 4	
	<u>j</u> .	. 04	4,711	1, 14	1	13.3	1, . 4 .	> :	
Apamate (Tabebuta rosea)	14	J	14.4.	1,1	14,0	V, 7.8.	1, 10.	47.	
	1	. , 0 1	1., 1	1, 64	11,4	2,95.	1, 78.	۸٩٠	
Angelique(Dicorynia guianensis)	1	١	14, 8	7,14	10,7	۸,۷۷۰	1,77.	1,74.	
	<u>.</u>	,,	11, 6	34,1	11	0,04,	1,46.	1,1	
Andiroba (C nicaraguensis)	Ŧ	., £0	I	1	1	7,72.	1	1, 78.	•
Analtona (Carapa guianensis)	14	Į	10,7	1, 10	14.8	٧,٩٠٠	1,11.	1,44.	
	1	. 64	11,111	1,07	11,5	8,95.	1,44.	1,.4.	
species						و القصوى	القصوى	ć.	
الاسم الدارج واللاتيني للأنواع Common and bod "names of	المعنوى الرطوب	آين اينو	عا <u>آ</u> ي	مامل معامل المرونة	ل معامل الشغل حتى المو م المرونة الحسل الأقصى المؤ " "	الموازي	الموازي	المعودي الم	
			Ä	أنعناء الإسا	چر	الانضفاط	يق	الميلادة	

T. 1V. T. V.		Y, TY. 1, AF												القص الصلاة ـ الحمل الموازي الحمل الموازي الممودي المودي أو المودي أو المودي أو القص على الألياف القصوي القصوي
17, 27.	1,01.													الانفساط الموازي الماليات قوة التهشم القصوى
7	š I	44	14.	1., 6	٧,٤	I	14,5	10,4	٧, ٧	o , f	ı	YV, .	14,7	منی الفشفل منی الحصیل الخطع
7.7	, <	4,4	Y, 4,	4,14	 	7,71	4,14	1,47	1,10	.,40	ı	4,44	1,47	و معناء إو سناييهي معامل الشا المرونة الحمل
11,7.	* > * .	Y0,0	34,644	14,1	14.6	17, 7	14, 2	17,4	۸,۷۰۰	0,4::	ł	44,400	16,7	يو معامل الكحر
1 3		. 17	. 74.	ı	۲۸,	. 44	ı	٠,٧٧	I	bar "	٠, ٨	ı	٧٢,٠	نيع ميع نيع
= }	17	=]	ķ:	14	<u>.</u>	100	17	<u>}.</u>	14	4.	18	14	<u>.</u>	المعتوى الرطوبي
Lapacho (T serranfolia)	Ilomba (Pycnanthus angolensis)	Gruntheart (Ocotea rodinei)		Concalo alves (Astronium graveolens)		Gola (Tetraberlinia tubmaniana)	Courbaril (Hymenaea courbaril)		Cativo (Prioria copalfera)		Capirona (C. spruceanum)	Capirona (Calycophyllum C 1.1 n)		الاسم الدارج واللاتيني اللأنواع Common and F. ^ ' names of species

تابع الملمحق الأول.

-
100
_
ş
Ξ
œ

الانحتاد الإستانيخي الانتفا مر نظرية أعلى الأقصى للأل قرة الأولة المال الأقصى الأل القرار الإلام الإلوام الحمل المحمد الإلام ال
--

	· pope ·	الصلادة الحمل المعودي على الألياف
		القص الموازي للألياف قوة القص القصوي
	44.	الانفيناط الموازي الملالياف قوة التهشم القصوى
	7,0	الاضحتاء الاستاتيكي معامل الشفل حتى الكسر المرونة الحمل الاقصى
	-, -,	لانعتاء الاستا معامل المرونة
	0,7 ,77	
		النفل النوحي
;	j.	المعتوى الرطوب
Jelutong (Dyera cosmicata)	The state of the s	الأسم الدارج واللاتيني اللأنواع المحتوى Common and '. ' 'namee spectes

	14	ı	77,700	4,44	41,.	1.,94.	Υ, ΥΑ.	۲,٠١٠
Lanacho (Tabebuia heterotricha)	Ja.	,,	۲٠,١٠٠	4.14	44.4	٧,٦٨٠	Y, 18.	Y, 04.
	. 1	I	١٨, ٤٠٠	1,98	14,0	4,46.	Y 9 .	1,0%.
Kokrodua (Pericopsis elata)	7	. 11	18, 100	1,44	14.0	٧, ٤٩٠	1,77.	1,1
	. 14	I	1., ٧	1,44.	>, 4	7,67.	1,0.	۸۳.
Khavu (Khava ivorensis)	À.	. 64	٧, ٤٠٠	1,19	>,4	۳,0	44.	18.
	. 7	ı	11,000	1, 21	A , A	7,700	1, V	٠.
Kahava (Khovo '.: f 'co)	Ja.	٧٤,٠	٧,٨٠٠	1,1%	4.4	4,44.	1,.4.	٧4.
And the state of the state of		, 44	11,0	4,74	17,7	۸,٠٠	1,41	1,17.
Kerving (Dintergearnus spp).	نف	٧٢,٠	11,4	- F - F - F - F - F - F - F - F - F - F	7.7	1, 14	1,17	1,11.
	. ~	I	14, 4	7, 77	ı	1., [7,18	4, .4.
Karn (Eucalyptus diversicolor)	7	, ,	10,700	44	١	Y0,0	1,72	1,44.
	. 7	I	14	4 4	10.0	۹,۷۰۰	1, 41	1,44.
Kapur (Dryobalanops lanteolata)	4	4 4 4	17,7	1, 4	17.4	0,47.	1,.1	. 4.
	<u></u>	۰,۳۸	V, Y	1,14	, g.	4.44.	٠,٨٤٠	
Jehntone (Divera costillata)	J.	, F.4.	0,4	1,14	1,0	44.	. 1.4.	٠,٣٣٠
species species		ĝ	Ĵ		یوویه پیرویه	تلايات قوة التهشم القصوى	للانيام قوة القص القصوي	العمودي على الألياف

Ą

	11	ı	11,000	1,11	11,1	4 4 4 4 4 4	1,11,	1
Parana pine (Arawana snr				e e		<	VW.	٧.
	k .	., 67	٧,١٠٠	1,40	4 ,		44.	. 10
raiosapis (Amsopiera spp.)	14	f	17, 4:1	1, 14	1	1,14.	1,81.	44.
	٠	101	٧,٥٠٠	1, 57	1	r, v.		<u> </u>
Okoume (Aucoumea klaineana)	14	., 44	٧,٣٠٠	1,18	1	4,4.	ı	4.V.
Obecne (1 riplochison scieroxyson)	14	J	٧,0	٠,٨٩	, P	4,94.	4.	**
	1	44.	0,1	١٧,٠١	7,4	7,07.	٠٧٢	. 7.3
Ouk (Q. eugentiaefolia)	14	٠,٧٥	16,7	٧,٨٤	18,1	I	I	Y. 1V.
Oak (Quercus costaricensis)	14	, 7	14,7.	31.4	17, 4	ı	ı	1,04.
Meranti, red/Shorea dasphylla)	17	I	14,1	1,17	11,4	7,94.	1	14.
	1	73.	۸,۹۰۰	1,0	^,^	1.60.	ì	0.1
Manonany (Swielenia macrophylla)	14	1	11,1.	1,01	٧.٩	7,74.	1, 14.	۸۱.
	4	., £ 0	4,4.	1, 1/	4,7	2,01.	1,71.	<·
Lupuna (Ceiba sa,,,,uuma)	7	, 0 4	I	ı	ı	1	1	<
Limba (Terminoha superba)	14	£4	11,0	1.76	1	0, 74.	1, 11.	5
Lignumvitae (Guaiacum sanctum)	17	14	ł	t	1	11, 8	1	
						القصوى	القصوى	
species						قوة النهشم	مَوة القص	على الانياف
Common and betaning names of	الرطوي	النوعي	الكر	المرونة	الحمل الأقصى	اللأنياف	الكاليا	المعودي
الأسم الدارج واللاتيني للأنواع	المعتوى	يتقل	ع	معامل	الشفل حتى	للوازي	الموازي	Ē
			ž	الانعناء الاستائيكي	Ş _Y	الاعتفاط	الفهي	الصلادة

نابع الملمحق الأول.

Santa Muria (Catophyllum brosilicies)	- <u>}</u>	1	16,	1,04	14,4	≯ • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	1,41.	1, 41.
Sande (Brosimum nule)	: =		ı	۱	í	1,77	اخ	
Rosewood, Indian (Dalbergia laitfolia)	17	I	17,4	1, ٧٨	14,1	4, 44.	4, 4,	Y, 17.
	Pi.	· , ٧0	4, 7	1,14	11,4	£,04.	1,800	1, 74.
Ramin (Gonystylus bancanus)	14	ŀ	۱۸, ٤٠٠	7,14	14.	١٠,٠٨٠	1,016	1,400
	<u>ر</u>	.,04	4, 4.	1,01	۸,	0,440	3.00	70.
Primavera (Cybisiax donnell-smithii.)	11		1.,4	1, 77	1.,4	7,18.	1, 11.	٧.
-	إعضر	., 44	٧,٧٠٠	۸,۹	4 4	4, 14.	1,.0.	44.
	14	I	12,9	4,40	1.,4	٧,٦٨٠	1, 44.	•
	1	٠,٥٥	۸,٠٠٠	1, 18	4,4	4,14.	1, . 8 .	٠.
	11	ı	10, 4	4,.4	10,4	۸,۰۰۰	١,٨٧٠	1,10.
	<u> </u>	٠, ٦,	1.,	1,14	17	£, VA:	1, 4	۸4.
	14	٠,٧٥	10, 2	1,47	14	۸,۹۲۰	Y, 16.	1,4
	17	ı	۱۸,۹۰۰	I	ı	۸, ۲۰۰	1	ì
-	۸.	٠,٧۴	16,611	ŧ	i	7,1	1, 19.	1,04.
F 5	المحتوى الرطوبي	النفل النوهي	الا معامل الكسر	لانعتاء الاستاتيكي معامل اشد المرونة الحما	اليكي الشغل حتى الحمل الأنصم	الانضناط الموازي الملائيات قوة التهنم المعموي	القص الموازي المؤلياف قوق القص القصوى	الصلادة الحمل العمودي على الألياف

تابع المليحتي الأول

	17	44	14,4	1,09	10,1	٧,١١٠	1,64.	7, 7
Teak (Tectona grandis)	14	41,44	14,4.	1,74	1.,4	1,44,	1,4.	1,11.
	٠ <u>٠</u>	٧٥,٠	11,	1,01	1.,4	0, £ V ·	1,44.	1,.4.
(Nicargana)	14	1.4.	V , 9	1,01	0,1	1,101	ı	•
Spanish-cedar (C. odorata) (C	<u>}</u>	73,	4,0.	1, 64	I	ı	ı	14.
N. Carlot	<u>.</u>	37.	ο, γ	٠,٨٧	٧, ٤	4.44.	٧٧.	Ya.
Spanish-cedar (C. novacensis)	14	I	11,0	1,68	3,4	7,41.	1,1	٠.
	À.	. , 6 1	٧,0.	7,41	٧,١	T, TV.	٠.	00.
Spanish-cedar (Cedrela angustifolia	14	ı	11,000	1, 64	14.0	4,11,	1, 4	۰۷۰
	<u>}</u>	٠,٣٨	۰۰۷,۲	1,14	× , ¢	۳,۱۰۰	٧٩.	£ 0 ·
Saele (En'. 1 uphragman funditions)	14	I	10,4	1, 17	10,4	۸,۱۹۰	7,744	1,01.
	<u> </u>	,,	1., 4	1,64	1.,0	0,.11	1, 40.	1,.4.
аўзеснея						و القصوى	القصوى	Ġ
	الرطوب	النوجي	يح	المرونة	الحمل الأقصى	بلال	اللالياتي اللالياتي	المعودي
الاسم الدارج واللاتيق للأنواع	المعتوى	<u>ري</u>		معامل	الشغل ختى	الموازي	الموازي	ي
			Ā	الانمناء الاستاتيكي	چ	الانفيفاط	القص	المبلادة

تابع اللحق الأول

الملحق الثاني. الحواص المكاتيكية لبعض الأخشاب المهمة النامية في الولايات المتحدة. (عن: 1974. • " - 19004) أولاً: أغشاب العمالدات

1	1	. 31 · 44	47. 04.	1,17. VY.	V4. 04.	1, 7	۸۷۰ و۹۰	1	l I	۸0٠ ٧٠٠	. b3 . Au	· 43 · 60	. 74.	نوه است. القصوي التصوي	مل الألياف العمودي
	-		-	-	-	-								يا د الفصوي الفصوي	
	٧١.	1,17.	* A Ir	1, 40.	94.	1,41.	٧ŗ.	1,84	۸۱۰	*	700.	**	* 0 Y	الألياف مند عد النتاسب	على الألياف
0, Y.	Υ, 0 -	V. 11.	4.44.	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	4,01.	٧,٠٨٠	£ , Y .	7,91.	1,14:	0,44.	4,4.	۰,۸۳۰	4.44.	ي شهر آينه آينه	ng rije.
ŧ	ŀ	10.75	٧,	7	1	7.7	4.0	ı	ı	70	7	4	44	اللازم	_
٧,٧	٥,٧	14,4	11,1	16,6	17,7	17, 6	11, ^	16,6	18,4	16,4	14.1	۸, ٤	>		سر المرونة الحمل الأقصى
1, 27	1,14	1, 78	1,68	1,71	1:14	1,77	1,8	1, 6	1,78	-	1, 1	1, 44	1,14		المروية
4,7	0,4	10, 10.		14.4.	٧,٩٠٠	18,100		14,4.	4.4	14,700	4,111	۹,۸۰۰	0		F
. 71		,		. , 00	, 0	, 64	., 07	., 0/	70,0		. 20		, TY		لنومه
Bigrooth	Aspen:		White		Oregon	,	Green	1	Bluc	Black	Ash:		W Alder, red		Common same of specie

• الرقم الأحل عند عنوى وطوبي أشغفر والأسفل عند ١٤٪ تقريبًا .

	٠,٣٨	۸,۱۰۰	1,11	٨, ٢	3.3	0,11.	17.3	1,14.	* 3 3	
Butternut	٠,٣٩		٧,٠	٨, ٧	3.4	4.84.	44.	٠,٢	24.	
	44.	_	4	٧٠,٨	0 0	۸,۱۷۰	۷,	1, 1	44.	
Yellow	.,00		1,0	11,1	<u></u>	Y , YA .	£4.	1,11.	64.	
	٠,٦٥	-	4,14	1,	٧٧	۸,0٤٠	1,11	Y, YE.	40.	
Sweet	*, 4	-	1,70	10,4	٨,	7, 76.	× ×	1,78.	£4.	
Paper	,,00	_	1,04	12	776	0,74.		1. 71.	l	
Birch:	٠,٤٨		1,14	17, 4	5	4,47.	٠٧٧	٠ ١٠	۳۸.	
	, , ,		1,44	10,1	13	V, Y.	1,.1	Y 1 .	1,.1.	
Beech, American	, 0,		1,44	11,4	7	4,000	9.4	1, 79.	٧4.	
	٠,٣٧		1,67	٧,٧	11	£, 44.	۳٧.	44.	40.	
Basswood, American	٧٣.	-	1,	o . 4	17	4,44.	١٧٠	, I	٠٧.	
	٠,٣٨		1,1%	٧. ٧	7	* , Yo .	٠٧٠	>0.	44.	
Quaking	., 40		٠, ٨٢	4,00	4.4	4.18.	١٨٠	14.	44.	~t
					اللازم اللانيار للانيار	ن شام التاموی	ما النام الألبان مند ما النام	القصوى	القصوى	7
Common name of spec	المع على	الح	الموقة	المعلى المحادث	<u>. آج</u> آج	اللاليان	على الألياف	الألبات	على الألياف	
الحالية للعنا	1	E	E	ŀ	È	الوازي	الممودي	الوازئ	المعودى	
		ΙΫ́	الانمعناء الاستا	Ş,	ا <u>ن</u> ا	الانضناط	الانضفاط	يق	Ē	

الم اللمن ال

	على الألياف	العمودي	Ē	المملادة
القصوى	قوة الشد	مل الألباف	الممودي	ا
القصوى	قوة القصى	الإلياني	الموازي	<u>ئ</u> ھِ
الألياف منل	ļ	على الألياف	ي العمودي الموازي العمودي	الانضفاط
1	Œ,	الألياني	للوازي	الانضفاط
EK.	الاستاط	ارة <u>.</u> الق	الملام	Š
		الحصل الأتصى	الشغل حتى	الانحناء الاستاتيكي انحناء
		المرونة	عامل	مناء الاستا
		آ	معامل	Z.
		نو نو	يق	
		Common name of specie	الاسم الشائع للجنس	

	., 44	-	1,01	14,7	0,1	٧,٠٥٠	1, 44.	1,44.	ı	1.44
Rock	., 04	-	1,14	19,1	90	4. VA:	11.	1, 77.	ı	3.0
American	٠, ٥	_	1,72	Ť	1	0,04:	10.	1,01.	44.	۸۴.
Elm:	. 24	_	1,11	11,1	4,4	7,41.	77.	1,	04.	14.
	,,,		1,44	٧, ٤	4.	110.3	٠٧.	4.	٥٨.	٤٣٠
· , YV Eastern	., 44		1,:1	٧, ٦	14	٧, ٧٨٠	4	٠,	*1:	48.
	. , 40		1,44	٧,٢	44		4	1,.8.	Pry.	40.
Black	. 4		· , · ,	•	4.	7,7	19.	11.	٠٧٧.	Y0.
Balsam popiar:	37,				٧.	* Y + 7 \$	۲	٧4.	١	ı
Cottonwood:	. 171		, y a	W . 4	1	1,74.	18.		ł	ı
	73,		1, 44	4,0	14	0,44.	14.	٠,٠,٠	17.3	• 30
Chesinut, Americ	***		. 44	<	4 16	4, 84.	77.	>:	***	٠٧3
	, 0 -		1,69	11,8	7.4	٧,١١.	44.	١,٧٠٠	94.	40.
Cherry, Black	٧١, ١	۸,۰۰۰	1,41	14.4	77	4.06.	7.	1,14.	٠٧٥	44.
					اللازم اللازم اللازم اللازم اللازم اللازم اللازم اللازم الله اللازم الله الله الله الله الله الله الله الل	ه من التي التي التي التي التي التي التي التي	جهار الألياف عند عد التناسب	مرة القص - القصوى	فوة الشد القصوى	مي مي
Common name of	يا ما نيو	الک	ن معمل ا	المعل الأنصى	اً عَيْ	الواري الواري	العمودي على الألياف	الوازي	العمودي على الألياف	المعان
- 11 - 15 - 15	1 Soli	5	<u>ا</u> الله	S	<u>ئ</u>	الانفيناط	الإنضاط	<u></u>	١	llanker.

(Wood **
2
-
-
- 2
60
7
91
1
Œ
52
<i>F</i>
-Ga-
Ē
Ē
٠(
E
2
Ç.
Ł
-6
Ę,
4
Ç,
\$
Ar.
÷
Ë
G,
1
0
, E

F				_												L	-6	•	1 21
1	ı	1	I		٠٨.	1	ı	١	j	٠٨٠	14.	97.	14		القعسوى	قية الشد	على الألياف	المعودي	Ŀ
1,78.	٠,٧	: 1	. 22 .	Υ, • Λ•	1,14	. 1	1, . 7.		1,78.	1,04.	1,.4.	1,17.	1,11.		القصوى	قوة القص	اللالبانيا	الموازي	يغ
														· (1)					
۸,۹٤٠	1,3,3	۸, ۲۰۰	6,77.	٧, ٨٠٠	T, 44.	1,41.	¥,4A.		\$, aV.	0,46.	4,70.	1,747.	4,44.	التصوى	<u>_</u>	Œ,	الألياني	الموازي	الانفيفاط
¥	*	940	7.0	£6.	94	i	30	-d	70	7	* ^	6 9	* <	الانيار	EK.	N. TIT	rie.	,	Ė
1.44	44,1	14.4	١٨,٨	14.4	16,7	Y0, 1	A4. V	١٨, ٢	4.,.	14.4	16,0	17.4	10,6				المسل الأقصى	S. E.	الانعناء الاستاتيكي انيعا
4.44	1,04	٧,٠٥	10,07	1,44	1,44	1.4	1, 79	1. 14	3,1	1,19	.,40	1,64	1, 44				ا بن سا	È	14 K 17
									-	-	-	_	۸, ۰۰۰			•	Ē.		₹.
٠, ٧	3,7,6	44.	1,71	.,17	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	. , 4 .	, 64	14.	, , ,	40,	., 64	70,	۲3,			4	<u>.</u>	E	
	Hickory, true:		Water		Pecan		Nutmeg	Bitternut	Hickory, pecan;		Slippery		Slippery				Common name of specie	الا العالم للمنا	í

	;	11, 7	1,6	14.4	74	0,67.	٠١,٧	-	٠1٠	1,.4.
Southern	., 67	٦, λ، ٠	1,11	10, 6	9.0	٧,٧٠	17.	-	11.	٠3٧
Cucmbertree	٠, ٤٨	14,4.	1, 17	14,4	70	1,41.	۰۷۰	_	17.	٧
Magnolia:	4 pp.	٧, ٤٠٠	1,01	1.,.	7.	4,16.	77.	_	Sqr Sqr	٠ ٢ ه
	, 10	19,800	Ψ,	14.8	٧	1.,14.	1,000		100. 100.	1, ٧٠٠
Locust, black	177	14, 1	١,٨٥	10, 6	2 5	٠٠,٨٠٠	1,19.		٧.	1,04.
	1	18,711	1,14	14,4	٧3	٧,٥٠٠	1, 15.		,a :	1,04.
Honeylocust	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	1.,4	1, 44	17,7	٧3	£ , £ Y .	1,10.		94.	1,49.
	, 4 4	١٨,١٠٠	1, 14	1,44	\$	۸, ۰ ۰ ۰	١,٨٠٠		I	ł
Saellbark	14.	10,000	1,46	44.4	1.6	4,44	۸۱.		ı	ı
		Y . , Y	7,17	Υ.Α.	۸ د	9, 71.	1,47.		ı	ı
Shagbark		11,	1,04	**. V	3,4	٠,٥٨٠	٠ }٨		I	ı
		4. 1	4,44	3.44	3.4	4,14.	1,4%.		ı	ı
Pignut		11, V.	1,70	41,4	^4	1,413	47.		1	I
					اللازم للامپيار	التصوى	الألياف هند عد التناسب		المقصوى	
الأسم الشائع للجنس Common same of specie	اغظی انوعی	الانه معامل الكمر	الاتحناء الاستاتيكي ل معامل الشف ر المرونة الحمل	تيكي الشغل منى الحمل الخاص		الانفىغاط الموازي المؤلياف فوة	الانفيذاط المعودي على الألياف علم ا	القص الموازي الموازي المالية	الشد العمودي على الألياف ق ة الشد	الملاقة - الملل الملودي على الأثاني

يع الملحق الثاني

1, 54,	2380	1, 11.		1,20.	44	· ·	04.		· ·	1,1%	\.	>0.	* 4.4	الصلادة - المبل المبودي على الآلياف
٠3٠	>:	i	ı	1	ı		• 4	İ	Ì	١٧.	٧4.	. 30	. R	الشد العمودي على الألياف قوة الشد القصوي
٧,٠٠٠	1,44.	1,41.	1, 77.	Y , 44.	1,61.	1. £4.	1,.0.	1, 10.	1,10.	1, 17.	1,14.	1, 77.	1,11.	القص المؤازي المؤلياف توة القص القصوي
1, 40.	٧٦.	1	٧١.	1, 64.	12.00	٧.	¥	1	pri.	1, . 4		Ve .	•	الانضناط المعودي على الألياف جهد الألياف عند عد التاب
۸,۷٤٠	6,77.	7,04.	T, £V.	V, A.	4 . Y .	0, 44.	Y . £4 .	1,06.	Y. YA.	۹,۳۸۰	4,44.	0,40.	4,48.	الانضناط الموازي المو
13	30	13	90.	1	Ē.	4.	74	4.4	7.4	<u>٠</u>	٨3	*	77	الله المراجعة المراج
14,7	11,4	14,4	14,4	17.0	14,4	٨,٣	11,.	17,0	11, 8	14.0	14.4	٧,٨	۸,۷	ديكي الشغل الأنفى الحفل الأنف
٧, ٧٨	1,14	3 7 7 6	1,14	1, 1	1,00	1,18	3,9,	1,76	1,14	1,44	1,44	1,60		مناء الاستا معلمل المرونة
14,1	1:, 4::	14.4.	۸, ۲۰۰	10.4:	4, 2, 1	۸,۹۰۰	0, 4, 0	14	٧,٧٠٠	14,4.	٧,٩٠٠	1., V	٧, ٤٠٠	الانه ممامل المحمر
۲,	., 7,	.,11	.,0%	., 47	7.07	٧٤,٠	33.	30,	. 69	٠, ٥٧	, a Y	٨},	100 100	
	Cherryback	Black	Oak, red;		Sugar		Silver		Red		Black	Biglení	Maple:	الإسم الشائع للبوتس Common name of specie

الم المحق

1,8%.	· .	1,19.	1, . 1 .	4, 4,	٠٤٧	- 20	1, 4	1,01.	١,٠٧٠	1,74.		1, 71.	-,	-
I	٠,4	44.	۸۲.	01.	. 43	۸۷.	۲:	1,.0.	>:	>	Ve •	٧٩.	٧.	الشد العمودي على الألياف قوة الشد القصوى
	-	_	-	-				_	-	_	-		1,14.	- E.
1,14.	11.	1,.4.	.44	1, 14,	00.	1,14.	۸۳.	1,.4.	٠4٨	1,.1.		1, 14.	۰۷۰	الانضفاط المعودي على الألياف جهار الألياف مند عد التناب
3.,	4,	7, 77	4, 48	4 , 14	4, .4	۸,۳۴	25 , 24	4,44	4,74	4, 74.	Y, ££.	7,9,4	4,14.	الانضناط الموازي المؤلياف قوة التهشم التعشم
#A -4	70	\$0. \$0.	1	7	7.4	70	90	6.0	£ ^	**	per per	7	7	المنام المنام الانتفاع الانتفاع الانتفاع الانتفاع
16,7	^, ^	Y1.0	11,1	4,6	>	Y 0	10,.	16, 1	100	12,0	14,4	11.4	11,7	ري المعادية المعادية
1,4	1, 79	4.4	1,00	1,64	1,18	1,41	1, 1,	1,44	1,44	1, 44	1,40	1,14	1,44	الانيحناء الاستات معامل ل المرونة ر
12,0	٧,٤٠٠	10, 8	۸,۹۰۰	1 4	4.9.1	17,1	1.,	16,	۸, ۳	18,700	A, T.	17,7:	٧,٩٠٠	الا ع معامل معامل عادا
17.74								477,	٨۵,	·, 1	,01	17.17	, 04	النقل النوعي
	Willow		Water		Southern red		Scarlet		Pin		Northern red	Laurel	Oak, red:	الإسم الشائع للبوتس Common name of specie

تابع الملحق الثاني.

1,1	٠,٠	1,4		7,7		1.1		ı	ı	1,1		7.4	1,11.	الصلادة - الحمل العمودي على الألياف
														<u> </u>
														الشد المعودي على الألياف قوة الشد القصوي
₹,	1, 70.	1,99.	1,44.	1, 18.	١, ٢٨٠	Y ,	1,44.	4,77.	4,41.	1, 84.	1, 41.	1, 44.	1,40.	القص الموازي الألياف قوة القص القصوي
														الانفىناط السودي على الألياف جهند الألياف عند عد التلب
٧, ٤٤٠	4,01.	V, YV.	4,08.	, B , C , C , C	T, 8A.	7, 4	4.44.	۸,۹۰	0, 44.	7, 14.	4.04.	17.19.	4.44.	الانفىناط الدازي الكالباف قوة التهشم التهشم
7*/	4.4	*	60	13	p0.	۲,	33	ı	ŀ	**	40	7.0	en 20	الصدم الرضاع الانتاط اللانها
18,1	11,1	17,	14.4	14.4	=	10,4	17,7	١٨,٩	14.4	11,.	,40 20 20	۸,۸	1.,4	F 5 3
1, 1/4	1, 70	1,44	1,40	1,01	7, 14	1,57	1,10	1,4,4	1,01	1,04	1,44	1, 14	٠, ۸۸	21
18,7.	۸,۴۰۰	14,4.	۸, ۰۰۰	14,4.0	۸,۱۰۰	17,700	>,	14, 8	11,900	14,4	۸,٠٠٠	10,700	٧, ٧٠٠	ڳ ^ا ڳ آي
۲,	. 10	٧٢,٠	• 1 •	٧٢,٠	,,4	., 14	· , • v	^	,	., 44	٠, ٥٧		٨٥,٠	النوعي النوعي
	Whate		 Swamp chestnut 		Post		Overcup		Live		Chestnut	Bur	Oak, white:	الاسم المالع للجنس Common name of specie

تابع الملحق الثاني.

. V	7 1, 14. EA. 17, 14. 1. A, 17 1, 00 4, 17 , 27	. 60° 1,45° 44° 6,64° 44° 1,4 1,4° 4,11° 0,6° 1,6°		\text{\$\frac{1}{2}\cdot	14. 1, 44. 4,44. 41 V,0 1,.4 4,0,44	VT. 1,3 18. 1,64. 44 11,4 1,14 18,0,08	08. 44. TV. T,.E. TT 1.1 1,T. V,1,ET	- 1, YE: No: E, V7: - N, V 1, 1Y 4, 1, ET	- 40. PV. Y, VP V,1 .,41 1, Y	الانحناء الاستانيكر النفل معامل معامل الدوية الم النوهي الكسر المروية الم
7.87 4.3.	1,.0 V,T	7, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4,	1	1,00 1.,0	1, 17 7,011	1,76 17,000	1, 4. 4, 1	1,17 4,	1,41 7,111	ō £
				A Tanoak						تابع الملحق الثان. الاسم الشائع للجنس اا و aams of specie

تابع الملحق الثاني. الحواص الميكانيكية لبعض الأخشاب المهمة الثامية في الولايات المتحدة. (هن: 1974. إ. " "Wood W

٤٧.	44.		. 6.	70.	1		, 50°	•	7		0.00	-	1	ı	الصلادة - الحمل الممودي الممودي على الألياف
٠٧٧	٠٧.	1	17.	44.	· .	7	7	٧٧	4		000	0 .	1	1	الشد المعودي على الألياف قوة الشد القصوى
>	۸۴.	1	1,.1.	· ·	14.	1,17.	>	1,	۸.		1,14.	٧٩.	1, 70.	7	القص الموازي اللاليات قرة القص القصوي
04.	44.	44.	· ·	**	-E	-4	40.	٧٣.	:			44.	£4.	17.	الانفسناط المعودي على الألياف مهد الألياف هند هذا الناسب
٠٠٧ ، ه	F, 10:	4 4.	4,04.	£, V	7,79.	7,79.	4,101	1,77.	4.04.	6	0,01.	4.44.	8,100	Y , + £ .	الانضفاط الدازي الموازي الكالياف الكالياف قوة التهشم التهشم التهشم التهشم التهشم التهسوي
٧١	14	44	40	7	1	74	٧٧	W.	40	المعروطا	3.4	77	ı	ı	العناء العناع الانتاع الانتاع الانتاع
3,0	-0 -0 -0 -0	A, 1*	10,	* -	0,4	1.,6	4, 4	۸, ۲	, a , a		۸,۸	٧,٥	۸,۸	- 111.	الشغل حتى الشغل حتى اخمل الأقصى
7, 16	3 4,	, λ	91,	7.17	٠,٧٥	1,84	1,18	1,66	1,14		1,01	1,44	1,11	, y4	الانحناء الاستائي ل معامل ر المرونة ر
٠, ٨٠٠٠	7,400	۸,۸۰۰	٧,	۰۰۸, ۲	£, Y	11,1	4 : 5 : 1	11,711	1,7,.		1:,1:.		٧,٨٠٠	٠٠٨, ٤	الخ معامل معامل الكامر
٧٠,	.,40	٠, ٤٧	, 16	1.4.4	. 17.	* * *	73 t				٧٤,٠		. 74	1 mg	المنطق المنطق
	Incense		Eastern redcedar		Atlantic white	Alaska	Cedar:		Baldcypress			Yallow-poplar		Willow, black	الاسم الشائع للجنس Common name of specie

	., 67	11,4	1,64	<u>.</u>	۲.	7, 77.	٠3٠	1,01.		٠١.	
Interior South		٠٠٧٠١	1,17	۸, ۱	10	7,11.	4.8.	40.		7.	
	, * >	14.1	1, 14	1.,0	4.4		٧٧٠	1,6		4	
Interior North	, , 60	٧, ٤٠٠	1,41	۸,١	44	4, EV.	7.	40.		* Y 3	
	, 0	17,700	1, 47	10,2	44	٧, ٤٤٠	٧٩.	1, 79.		11.	
Interior West	1,64	٧,٧٠٠	1.01	٧, ٧	17	Y, AV.	. 43	.36		•	
Coast		17, 8	1,40		7	٧, ٧٤٠	۸٠.	1,14.		٧١.	
Douglas-fir':		٧,٧٠٠	1,0%	٧, ٩	44	4, VA.	۴۸.	٠.		•	
		٧,0	1,11	0, ^	٧١	1,01.	20h.	44.		40.	
Western redcedar	. 171	0, 4	. 45	0, 1	١٧	٧.٧٧٠	* 3.4	٧٧,		41.	
	. FY	14,4.	1, 4	4. 1	٨٨	7,70.	٧٧.	1,44.		14.	
Port-Orford	., 44	1,100	1,4	٧, ٤	11	4.18.	۲.,	٠ <u>٠</u>		٠٧.	
	. 41	4,044	, ,	ps. >	14	4.44.	41.	۸0.		44.	
Northern white	., 74	£ , Y	31.	۰,۷	-	1,44.	74.	* 4.4	* 3 7	44.	
					الإنهار	التصوى	عد التاسب				
					اللازح	Ŀ	الألياف مند	القصوى			
					الاسقاط	Œ,	ţ	الم الم			
Common name of speci	النوهي	<u>ال</u>	ي نه ايل	كسر المرونة الحمل الأقصى ارتفا	ا بق	نوردي نلالياني	بيعودي على الألياف	الوري الم	ملي الألياف	المدودي	
الأساء الشائم للحنا	1			1 1 1							
		ž	عناه الأسا	يخ.	نځ	الانتخاط	الإنفاط	الق			

تابع الملمحق الثاني.

تابع المفحق الثاني.

			1, 14		7	٧, ١٣٠		7,44.		
Lobially	٧٤,٠		1, 1.		7	T. 01.		, t.v		
			1,40		٧٧	0,77.		1,14.		
Jack	. 1		1.1		7	1,900		٧.		
Eastern white	٠,٣٥		1, 12		>	٠,٨٠		٠.		
Pine:	., 4.6		.,44		٧	7, ££:		٠٠ ١٧		
	, o Y		1,44		40	4.78.		1,77.		
Larch, Western	۸), د		1,41		74	*, Y7.		۸۷۰		
	., 60		1,76		74	V, 11:		1,40.		
Western	73,		1,41		44	4,41.		٠,٢٧		
	6 9		1,44		4.4	33,5		1,01.		
Mountain	A 3		1, 16		77	٧,٨٨		44.		
Eastern	*		1, 4.		7	0, 11.		1,14.		
\ Homlock:	٠,٣٨	, p 4 a	1,14	٧,٧	11	۲,٠٨٠		۸.		:
					اللازم اللازم اللانم	ئ نام این الع		فرة القص القصوى		
الأسم الشائع للجنس same of spect	التقل التوعمي	⊆ 8	عاء الإسا معامل المرونة	الانتحناء الاستاتيكي نامل معامل الشفل حتى الا كمر المروية الحمل الأقمى ان	EE	الانفيناط المرازي اللالياف	الانضفاط العمودي على الألياف	القصى الموازي المرازي	الفيد المعودي على الألياف	الملادة - المعودي المعودي

يع الملحق الثاني.

ļ	ı		41.	pt.	44.	i	ŀ	1	1	۸۷۰	94.	×.	77.		على الألياف	المعودي	E	الصلادة
ŀ	I	.1.3	-4	- F	41.	ı	1	1	1	٤٧٠	MA.	γ4.	* 44	القصوى	أوة الشار	ملي الألياف		L.
ł	1,81.	1, 11.	4	1,14.	٧	1, 7%.	4 % .	1,41.	٠١٠	1,01.	1, 161	>	, ,	القصوى	قوة القص	ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا ا	1	
À	.03	! * *	.1.4	۰۸۰	٠٧٨	4.	30. 30.	i	1	47.	٠٧ }	1.	40.	الألياف عند حد التناسب	ţ	ياديان على الأليان	1	الإنفيناط
1,41.	1,000	7, · V·	Y , VY".	0.77.	4,50.	V,01.	F, 11.	0,98.	7,90.	۸, ٤٧٠	£,44.	0,44.	4.41.	التهشم القصوي	g,	موردي ديلالياني	14.15	الا الا الا
1	ı	77	1.1	7	11	ı	I	ı	ı	7 %	4.0	٠,	4.	اللازم للانهيار	الاستاط	يغ		į.
, d 1, 1	4,1	4,4	4.7	٧,١	٥, ٢	٨,٦	٧,٠	1,4	4, 4	11, 1	^. 4	۷,۲	6,1			عامل معامل السمال حمى المساد الكسر المرونة الممال الأقسى ارتفاع	11 11	S.
1,61	1,.4.	1,14	1, 44	1, 74	1,	1, 40	1,44	7, 64	1,4.	1,41	1,04	1.78	·· ›			ب ما بن ما بن		مناه الاستاني
11,7.	٧,٥٠٠	11,	٥,٨٠٠	4, 2	0,1	11,700	٠٠٤ ٢	1., 1.	٠٠٨,٦	18,000	۸, ۵۰۰	4,8,0	•,•		•	م ع ایک	-	Ę,
٠, ٤٨		1,34	13,0	, ,	٠,٣٨	,07	.,01	, o 4	٠, ٤٧	.,04	30,		۸,۳,		4	يا ي		
	Sand		Red		Ponderosa		Pond		Pitch		Longleaf		Lodgepole			الا سم التسائم للجنس الا	-	

تابع الملحق الثاني.

٠٨3		* Y 3	1.1.	٠3.	000	*^.	٧٧.	17.	. 0	I	ı	14.	500 500		•	ر على الالياف	ف المعودي	Ē	الصلادة
7£ .	*1.4	l	12.4	۲۸.		40.	٧٧.	١	I	1	I	٤٧.	44.		القصوو	قوة الشا	على الألباد	العمودي	Ļ
٧٠٠	. 43	٠٧3	14.	4.	74.	•	٧١.	٧.	٠٧٠	1,.4.	94.	۸4.	40.	حد النياسب	الأليان مند	ţ	على الألباف	الممودي	الانضفاط
4,10.	£ , ¥	0, 161	7, 27.	1,41.	7", £ 7 .	1,17.	Y . £7.	0,40.	4, 75.	۸,١٤٠	4,44.	٧, ٧٧٠	4.04.	القصوى		e,	للأليافي	الموازي	الانضفاط
ī	47	44	ī	44	7.5	>	V	1	I	ı	ŀ	44	7	للانيار	اللان	الاسقاط	آغ اغل	Ė	نځ
1,0	٧, ٤	۸,۸	• ,	14,4	1.,4	o , •	, p.	İ	I	14.4	40	11,.	۸, ۲	!Kill			الحمل الأعصى	ا <u>ئ</u> ے افغال	Ş,
1,7%	1,14	1,69	1,14	1,07	1,44	1,14	1,.4	١, ٧٣	,	1,44	1,04	1, 40	1,14				المرونة	م عا	مناء الأستا
:		?	:	:	7	7	Ē	7	:	7		-	, i				ايم	مام	Ž.
, .	٠,٣٨	۸۳,	۰,۳۰	۸٤,		;	37.	, , ,	13:	.,04	30,	101	٧١, ٠				ر المعن		
Old-growth	Redwood:		Western white		Virginia		Sugar		Spruce		Slash		*, &V Shortleaf				Common name of specie	الأسم الثبائع للجنس	

تابع الملحق الثاني.

•

•	۴۸.	٠٧3	44.	01.	Ya.	£4.	40.	74.	47.	. 40	7 V.	. 4.3	40.	الحصل المعودي على الألياف على الألياف	, Y
														العمودي على الألياف قوة الشد القصوى	
														ر الموازي المالياف توة القص القصوى	
··	7.	**	.37	۰۸۰	٠٧٨	÷ .	٠٧٨	. 1.3	4	.40	18.	.40	٧٧٠	العمودي على الألباف مهمار الألباف عند عد التناب	الإنطاط
V, 17:	Y, £A.	0, EV:	Y, 0V.	0,71.	٧, ٦٧٠	0,14.	Y, 70.	1,14	٧,١٨٠	0,44.	Y, .V.	0, 44.	4.11.	الوازي الألياف الكالياف التهشم التهشم	<u> </u>
44	٨	7.	44	Yo	3.4	4.0	×	1	1	44	3.4	6	1	المام المام المام المام المام المام المام المام المام المام المام المام المام المام المام المام المام المام ال	نا
٧,١	٧, ٢	٧,٧	, e	3,6	, n	۸, ٤	4,4	,d	0,1	1.,0	٧, ٤	٥, ٧	٧,٠	مامل معامل الشقل حتى الصدد الكسر المروية اطبول الأقعى ارتفاع الاستقاء اللائع	5^
1,76	1, 75	1,78	1,.4	1,04	1, 44	1.04	1,14	7,4.	1,.4	1,00	1,1:1	1,1.	, a	مان نه ما الم	10 12
11,700	٧, ٧٠٠	۹,۸۰۰	. 1, 6	1.7.	0, V	10,700	8 , A . s	4.4.	£, Y.	1., *	0, (٧,٩٠٠	B , A	معامل الکسر	£.
", 04	. 64	,	٠. ٢٧		. 14	13,	۸۳,	* , Y* o	٠, ٣٣	. 3	۸۳,	٠,٧٠٥	., 4.6	انغ مي انغ مي	
	Tamarack		White		Sitks		Red		Englchmann	Black	, Y'A Spruce:		Young-growth	الاسم الشائع للجنس Common name of specie	

الم اللحق الا

ثبت المطلمات

Apposition	تراكسم		
Auxin	هرمون نباتي	4	
Average molecular weigh	t	Abrasion	مقاومة الاحتكاك
	متوسط الوزن الجزئم	Acer	أشجار القيقب
Axial Parenchyma	بارنشيها محورية	Acetyl bromide	بيروميد الاسيتايل
		Acetyl groups	مجاميع اسيتايل
0		Acad hydrolysis	التحلل المائي الحامضي
•		Acidic xylan	زيلان حامضي
Bandad	في شرائط	Acomycetes fungs	فطريات زقية
Bark pockets	جيوب القلف	Adsorption phenomen	ظاهرة الادمصاص on
Basic specific gravity	الثقل النوعي الأساء	Aggrigate	متراكمة
Benzyl alcohol	كحول بنزايل	Aliform	جناحية
Beta-cellulose	سيلولوز بيتا	Amorphous	أمورفية
Biochemical deterioration	1	Angiosperms	مغطاة البذور
ري	النحليل الكيموحيو	Anhydro-sugars	سكريات اندريدية
Biodegradation of wood		Annual growth rings	
فشب	التحليل الحيوي لل		حلقات النمو السنوية
Biosynthesis	التخليق الحيوي	Antiparallel chains	سلاسل متعاكسة
Border	ضفسة	Apical	قمية
Border pits	نقر مضفوفة	Apotracheal	مرتبطة بالأوعية

Coniferyl alcohol	كحول الكونيفريل
Conifors	المخروطيمات
Corpus	البسدن
Cortex	القشسرة
Creep	زحنف
Cross	عرضسي
Crushing strength	مقاومة الانسحاق
Crustacean borers	نخارات قشرية
Crystalline	بلوريسة
Crystals	بلورات
Curly grain	ترتيب مجعد للألياف
	تراكيب سيتويلازمية

0

Cytoplusmic organelles

مسئنة من الداخل Dentated تسنين الأشعة القصبية Dentate ray tracheids ملمسرة Destractive تكشيف Development Bar. Diffuse مسامية منتشرة Diffuse pornus ظاهرة الانتشار Diffusion phenomenon ثناثيات تبلم داي ميثايل سلفوكسيد Dimethyl sulfoxide Diterpines ثنائي التريين قة نقرية Dome المقاومة للتحلل Durability



الخشب المبكر Early wood السيدر الأحمر الشرقي Eastern red cedar

الشقات القلب العلم المتلاثقات القلب التعلم



Cambial initials

Casehardening

Compression wood

Condensed

بوادىء كأميومية

القشرة المتصلبة

خشب الانضغاط

متكثفة

Cell enlargement كبر الحجم الخلوي الأنظمة حرة الخلايا Cell-free systems الفراغ الخلوى _ الفجوة الخلوية Cell lumen Cellulose سيلولــوز جدار الخلية Cell wall Cell wall sculpturing الأشكال المنحوتة بالجدار الخلوى تركيب جدار الخلية Cell wall structure التركيب الكيميائي Chemical composition Chemical constituents الكونات الكيمياثية الطبعة الكيميائية Chemical nature الألباف المزقة Chipped grain أشجار أبو فروة Chestnut أشجار القرفة Cinnamomum camphora الانشيقاق Cleavage طاقة اللصيق Cohesive energy لہن Colour الانبيارات الانضغاطية Compression failures

171 تت الصطلحات

Gallic acid	حامض الجاليك	خشب الأبنوس Ebony
Gamma-cellulose	سيلولوز جاما	مسرن Elastic
Gelatinous layer	الطبقة الجيلاتينية	المروثــة Elasticity
Glucomannan	جلوكومانان	الشغل عند حد التناسب Elastic resiliance
Glucose	الجلوكوز	التشتت الاليكتروني Electron diffraction
Glucosidic bonds	روابط جلوكوسيدية	الفبرلات الأولية Elementary fibrils
Golgi bodies	أجسام جولجي	حامض إيلاجيك Ellagic acid
Green volume	الحجم الأخضر	بلمرة نهايات Endwise polymerization
Growing points	نقط النمو	تخليق حيوي عند النهايات End-wise synthesis
Growth	نمسو	خلايا إفرازية (طلائية) Epithelial cells
Growth promoting l	поглабаез	Extractive- free wood
	الهرمونات المشجعة للنمو	خشب خال من المستخلصات
Growth stresses	إجهادات النمو	المستخلصات Extractives
Guacyl unit	وحدة جواياسيل	
Gum deposities	رواسب صمغية	•
Guras	صسوغ	()
Gymnosperms	معراة البذور	مروحية الشكل Fan shape



الصنوبريات الصلدة Hard pines الاخشاب الصلدة Hard woods خشب قلب Heart wood حرارة الترطيب Heat of wetting Hemicellulose هيمي سيليولوز مختلطة النوع الخلوى Heterocellular بولمر مختلط التركيب Heteropolymer متجانسة النوع الخلوي Homocellular بوليم متجانس التركيب Homopolymer انهيار عش النمل Honey combing Horizotal أفقسي

نافذيــة Fenestriform ألساف Fibers نقطة تشبع الألياف Fiber saturation point ألياف قصيبة Fiber tracheids الغلافونيات Flavonoides جزئيات حرة Free molecules الماء الحو Free water صفيسع Frost فطريسات Fungi الفطريات الناقصة Fungi imperfecti الألياف الوبرية Fuzzy grain



الحلاكتــوز Galactose

	A	Hormonal stimulus	حافز هرموني
	G	House long horn bettles	
Larix	أشجار اللارش	الاستشعار الطويلة	الخنافس ذات قرون
Laster	لمعان الخشب	Hydrolysis	تحلل مائي
Late wood	الخشب المتأخر	Hydrolyzable	قابلة للتحلل
Layer	طبقـــة		
Libriform fibers	ألياف شفهية	•	
Lightining	الصواعسق	0	,
Light scattering	الانتشار الضوثي	بوهیدرات ICC	معقد اللجنين والكر
Lignans	اللجنان	Impact test	اختبار مقاومة الصد
Lignification	لجننية	Imperforate tapered ends	
Lingnin	لجنيس ن		نهایات غیر مثقبة مد
Lignin monomers	الوحدة البنائية للجنين	توى Included sapwood	
Lignin precursors	بواديء اللجننة	Indole Acetic Acid (IAA)
Ligaum vitae	الخشب الحديدي	ك	أندول حامض الخلي
Linear polymer	بوليمر استقامي	Injuries	إصابات
Loosened grain	الألياف السائبة	Inorganic contants 4	المكونات غير العضو
Long initials	بواديء طويلة	Inter and interamolecular	
Low temperature	منخفض الحرارة	ā.	بين جزئية وغير جزئي
Lyctus	الليكنس	Interlocked grain	ترتيب متقاطع للألي
		Intrasive growth	النمو المتراكب
	m .		
•	W	•	
Mannose	سكر المانوز	•	
Mansonia altissima	المانسونيا الاستواثية	Yearless sizes	الجوز الأمريكي
بجدار النقرة Margo	الخيوط التي تربط السرة ب	Juglans nigra Iuniperus procera	أجور الأمريحي خشب العرعر
Marine borers	النخارات البحرية		حسب العرعر خشب حديث التك
Mature wood	الخشب الناضج	annerme moon 55	حسب حدیث النح
Maturity	النضج	O	
Mechanical behaviou		W	
Meristematic	ميرستمية	Khaya	الكايا ـ الماهوجني
Microfibrils 4	الميكروفبرلات السيلولوزي	Kino	کینـــو

ثبت المطلحات ٢٦٣

Permanent	دائمــة	Middle lamella	الصفيحة الوسطى
Permeability	نفاذيــة	Modulus of elastic	93.0
Peroxidase	أنزيم البيروكسيداز	Modulus of rigidit	
Phenois	فينسولات	Modulus of ruptu	, ,
Phenoxyl radicals	أصول فينوكسيل	Moisture meters	أجهزة قياس الرطوبة
Phloem	طساء	Molluscan borers	نخارات رخوة
Photosynthates	مادة التمثيل الضوئي	Monodisperss	وحيدة الانتشارية
Picea	الأسبروس	Monomer	وحدة تكوين البوليمر
piezoelectric modulus	معامل البيزوكهربية	Monoterpines	أحادي التربين
Pinaceae	العائلة الصنوبرية	Mother cell	خلية أمية
Pinholes	ثقوب دبوسية	Multiseriate	عديد الصفوف الخلوية
Pinoid	صنويرية		
Pinosylvin phenoles	فينولات البينوسلفين		•
Pinus silvestris	خشب السويد		(2)
سفوفة Pit aspiration	حالة انسداد النقرة المف	Nitration	نستة
Pits	نقسر	11700 000000	سیسرہ اختبارات غیر مدمرہ sting
Plasmalemma	بلازماليها	Nonstratified	احبارات عیر معامرہ sing غیر موتب
Plasma membrane	غشاء البلازما	Nonstrautieu	حير مرب
Plasticity	اللدونية		_
Platanus occidentalis	الدلب_ السيكامور		0
Polarized infrared			
لبلورية	الأشعة تحت الحمراء ا	Oak	خشب القدو
Polydispersity	الانتشار المتعدد	Oblique	مائـــل
Polymeric	بوليمرية	Odour	راثحية
Poplar	خشب الحور	Oven- dry weight	
Pores	ثقــوب	رن	الوزن بعد التجفيف في الفر
Post cambial	ما بعد التكشف الكام		
Powder- post bettles	خنافس المماحيق		
Power factor	معامل القدرة		0
Power loss angle	زاوية فقد القدرة	Paratracheal	مرافقة للأوعية
Preiderm	بريديرم	Partans	مراطعه نام وحيه أنمساط
Primary	ابتدائسي	Perforation	الماط تثقيب
	Ψ.	renoration	سيب

¥77 ثبت الصطلحات

Sandal oil المنافعة			Primary wall	الجدار الابتدائي
Sandal od المسلم المسل	6	,		
Samalum lanceolatum Samalum lanceolatum Samalum lanceolatum Samalum lanceolatum Samalum lanceolatum Scanty Scanty Scanty Scanty Scanty Scanty Scanty Scoondary Scoondary wall Scoondary wall Scoondary wall Scomentation equilibrium Scanty			Promeristems	-,
Samood Quinones Prosenchymatous August Prosenchymatous Prosenchymatous Pseudotsuga Pseudotsuga Pseudotsuga Pseudotsuga Pseudotsuga Pseudotsuga Pulp wood Pul		_	Proportional limit	
Scanty متاترة الطبوط والمحددة المتعادلة المتع			•	
Seasoning defects فيفجات عيوب التجاهية الألمانية Secondary ألا المناسبة الأخراقية المناسبة الأخراقية المناسبة الأخراقية المناسبة الأخراقية المناسبة	•		•	
Secondary thickening (spill like) Secondary wall (spill like) Secondary wall (spill like) Secondary wall (spill like) Secondary wall (spill like) Secondary wall (spill like) Secondary wall (spill like) Secondary wall (spill like) Secondary wall (spill like) Secondary wall (spill like) Secondary wall (spill like) Secondary wall (spill like) Semi-bordered pits is	•	-		-, 0
Secondary whickening المحلوب Secondary wall (المحلوب المحلوب المحلوب Secondary wall (المحلوب المحلوب	Seasoning defects		ap wood	ىب احسب
Secondary wall Sedimentation equilibrium التربيب الاتزاق التاثيري Quinones Sequona المسكوايا الحشب الاحتراق المسكوايا الحشب الاحتراق المسكوايا الحشب اللهجوة المسكوايا الحشب اللهجوة المسكوايا الحشب اللهجوة المسكوايا الحسب اللهجوة المسكوايا الحسب اللهجوة المسكوايات المسكوايا	Secondary	-		
Sedimentation equilibrium الترسيب الاتزاقي Ouinones الكيسونون الترسيب الاتزاقي الترسيب الاتزاقي Semi-bordered pits المن مضغوفة السكواليا الحشب الأحسب الاستخدام السكواليا الحسب الأحسب الأحسب المن المن المن المن المن المن المن المن	Secondary thickening	40	(ני
Semi-bordered pits نقر نصف مضفوقة الرسيب الارتان المستخداة Sequoia المستخداة المستخدا				
Sequoia السيكوايا - الخشب الأحر Shakes Shearing strength من مقاة من المسكوايا - الخشب الأحر Soft pines Soft rot الأحل الأحل الأليان Soft woods Soft woods Soft woods Sopreting hysteresis المشلب لينة (نائجة من المخروطيات) Sopreting hysteresis المشلب لينة (نائجة من المخروطيات) Soprind hysteresis المشلب لينة (نائجة من المخروطيات) Spiral thuckemng المشلب الأحمام Reaction wood Spiral thuckemng المشلب المسلوب	Sedimentation equilibrium	الترسيب الاتزاني	Quinones	الكيمونون
Shakes المحارية Shakes المحارية Shearing strength المحارية Soft pines الإلكانة Soft pines المحارية المحارية Soft rot المحارية Soft woods المحارية	Semi-hordered pits	تقر نصف مضفوقا		
Shearing strength Soft pines Soft rot Soft woods Soft woods Sorption hysteresis Specific gravity Spiral thuckemng Sping wood Striff String fight Strain Strain Soft woods Set woods Radical coupling Radical coupling Ramic (العلوي المعالية Ramic (العلوي المعالية الم	الأحمر Sequoia	السيكوايا _ الخشب	-	
Soft pines Soft rot Soft woods Soft woods Soprial thuckeming Specific gravity Spring thuckeming Spring wood Spring thuckeming Spring wood Striff String firm Strain Strain Strain Strain Soft woods Radical coupting Hadical coupting Land Had, I woods Ramic Ramic Ramic Ramic Ramic Ramic Ramic Ray miruals Ray purenchyma Ray purenchyma Ray tracheds Ray tracheds Reaction wood Strain Reducing end groups Welture molecular mass Relative molecular mass Resins Resins Resins Resins Resins Resins Resins Resonant frequency Reconant frequency Richard Reconant frequency Reconant frequency Resonant frequency	Shakes	تشققات	Ų	U
Soft pines ازدواج الأصول الأليات Soft rot المطب الطري (من عاصيل الأليات Soft woods الرامي (من عاصيل الأليات المستخدمة المستخد	Shearing strength	قوة القبص	Radial	قطب ی
Soft rot الرابي (من عاصيل الأليات) Soft woods A gamic (الرابي (من عاصيل الأليات) Ramic (الرابي (من عاصيل الأشعاد) Ray mituals Ray purenchyma أخسات الأشعا الأشعاد الأحداث الأحداث الأحداث المعالية الأحداث المعالية الأحداث المعالية المحلوبة ال	Soft pines	صنوبريات لينة	Radical coupling	40
Ray mituals بوادي أشعة بالأشعاد الأشعاد الأخلاص المخطوطيات الأشعاد الأخلاص الأخلاص الأخلاص الأخلاص الأخلاص الأخلاص الأخلاص الأخلاص المخلوص ال	Soft rot	العطب الطري	لألباني) Ramic	
Ray parenchyma الأشعة الأشعة بالأنسا الأشعة من المخروطيات) Sorption hysteresis الأسعاس الأعلق الأعلق الأعلق الأعلق الأعلق الأعلق المحاصة الم	Soft woods			
Specific gravity Spiral thuckemng Spiral thuckemng Spiral thuckemng Spiral thuckemng Spiral thuckemng Spiral thuckemng Spiral thuckemng Spiral thuckemng Spiral thuckemng Spiral thuckemng Spiral thuckemng Straight grain Straight grain Straight grain Uman Spiral thuckemng Spiral	ة من المخروطيات)	أخشاب لينة (ناتج	Ray parenchyma	4 3.
Spiral thackemng الطرفية المخترلة Reducing end groups المجامع الطرفية المخترلة Sping wood خشب الربيع Relative molecular mass Stiff حملين النسبية Resins المحاربة Straight grain وتنوب خطلي للألياق Resins عنوات راتنجية Strain المحاربة Resins Resins المحاربة Strain المحاربة Resonant frequency	Sorption hysteresis	تخلف الادمصاصر	Ray tracheids	قصسات شعاعية
Spiral thekeming المجاميع الطرفية المخترنة Sping wood المجاميع الطرفية المخترنة Sping wood حثب الربيع Relative molecular mass Stiff عملين المسلوب Stiffness المسلوب المسلوب المسلوب Straight grain المسلوب المسلوب المسلوب Straight grain المسلوب ال	Specific gravity	الثقل النوعي	Reaction wood	خشب الشد
Spring wood خشب الربيع Relative molecular mass Stiff بالزيثة النسبية ملك Relative molecular mass Stiff بالزيثة النسبية النسبية Resins الصلاب المتحال Straight grain ترتيب خطي للألباف Resins straight grain المحالة Resins anals الترد الطبيعي Resonant frequency	Spiral thuckening	تغليظ حلزوني	Reducing end groups 4	
Stiffness الصلابات المسلابات Strain المسلابات	Spring wood	خشب الربيع		-
المسلابة Resins راتنجات Resins المسلابة Stranght grain ترقيب خطي للألياق Resin canals تنوات راتنجية Strain القمال Resonant frequency القمال	Stiff	صلب		الكتلة الحنشة النسبة
قنوات راتنجية Resin canals ترتيب خطي للألياف Straight grain الرّد الطبيعي Resonant frequency انفعال	Stiffness	الصلابــة		.,, .
Strain انفعال Resonant frequency	اف Straight grain	ترتيب خطى للأل	Resin canals	
a contract to the contract to	Strain	انفعــــال	Resonant frequency	
	Strand tracheids	قصيبات متراكبة		
مسامية حلقية Ring porous جهــــا	Stress	جهسا	-	
Stress grading Robinia pseudoacacia خشب السنط الكاذب	Stress grading			
جــــــــــــــــــــــــــــــــــــ	ل أساس الجهود	تدريج الخشبء		
Subelementary fibrils الفبرلات تحت الأولية Russel effect		_		

Trunk	الساق أو الجذوع	Sub-units	تحت وحدات
Tunica	القشـــرة	Sugar neucleotides	نيوكليدات السكر
Tunica- corpus theory	نظرية القشرة والبدن	Supermolecular	الانتشار المتعدد
Tyloses	تيـــلوزات	Surface bound water	الماء المرتبط بالسطح
	_	Syrngyl unit	وحدة سيرانجيل
(D		
Ulmus americana	الألم الأمريكي	•	
Ultracenterfugation	الطرد المركزي العالي	Tangential	عاسے.

الطرد المُركزي العالي Unseriate

Unst cell الصف المتاثقة المتاثقة Unstrict المتاثقة

V

فانيليا Vanillin اختلاف _ تباين Variation Vascular وعائسي الكامبيوم الوعاثي Vascular cambium راسسي Vertical أوعيسة Vessels أمسداب Vestires سلوك لزن Viscoelastic الحجم الفراغي Void volume زيت الخشب المتطاير Volatil wood oil



warp الجسور Warp تشوهات الالتواء الإلتواء الإلتواء الإلتواء الإلتواء الكين الله الإلتواء التواء التو

Tannins التانسنات خشب التيك Tectona grandis Tensile strength قسمة الشد خشب الشد Tension wood حافية Terminal النمل الأبيض Termites Terpenoides تربينيدات Terpines تربينات اختيسار Testing Theory نظريبة Thermodinamically الديناميكية الحرارية تغليظ Thickening المكوري الأفريقي Thieghemella Tilia خشب التلبسا نعشب Timber التلويسن Toluene تونوبلاست Tonoplast التوائسي Torsional Torus ســـرة الترخيم الكلي Total deflection اختبار الصلابة Toughness test Transmission بث حراري ثلاثى التربين Triterpines

الماء التكويني

السنديان الأبيض

موجسات

نافذيـــة

أسب للصطلحات

 Wood knots
 عقد الخشب

 Wood quality
 نوعية الخشب

 Wood rays
 بالخشباب

 Wood rheology
 بالخشباب

 Wood-staining fungi
 باللونة للأخشب

 Wood texture
 قوام الحشب الحشب بالخشب بالخشب المشاهدة

 Wood tissue
 بالخشب الحشب بالحشب المشاهدة

Wood-boring msects الخشرات التي تصيب الأخشاب كثافة الخشب كثافة الخشب Wood destroying fungi الفطريات الملمرة للأخشاب

Wood dielectric constant

التركيب التشريحي للخشب Wood anatomy

Water of constitution

Waves

White oak

Window like



ثابت الأزدواج الكهرباثي للخشب المتخلصات الخشسة Wood extractives

المستخلصات الخشبية Wood formation تكوين الأحشاب ترتيب ألياف الخشب

كشاف اليوضوعات

ألياف قصيبة ٧٧ ألياف ليوفورمية ٧٧ أمورفية ٣٠ ، ٣٦ ، ٦٦ الانتشار الفموثي ١٤ الوعية ٨٧ أوعية قصيبة ٧٧ أكسجين ٨، ١٠ ، ١٠ ، ١٤ ، ١٢٧



بث حراري ۱۹۱ بداية الأشعة ۲ برانشيا الخشب ۳۶ برانشيا رأسية ۵ برانشيا شعاعية ۲۷ برانشيا طلالية ۲۷ برانشيا غلامية ۲۷ برانشيا غلامة ۲۷ برونشيا غلامة ۲۷ برونشيا غلامة ۲۷ 0

الاتجاه المحوري ٦٢ 4. 1241 أجهزة قياس الرطوبة ١٩٦ أحادي التربين ١٨ اختبار الانحناء ٢١٦ اختبار الصلابة ٧١٥ الأخشاب الاستواثية ٩٩ الأخشاب الصلدة ٧٧ ادمصاص ۱۹۹، ۱۷۶، ۱۸۰ ۱۸۸ أروكاريا ٨٩ الاستلبينان ٩٢ الأشعة الخشية ٥، ٢٠ أشعة فيوزيفوربية ٣٤ الأشعة المتراكبة ٢٣ الأشعة المختلطة ٣٤ ألترا تربين ٩٣ ألفا سليولوز ٧٥ ألياف سليولوزية ٦٠

تغلظ ثانوي ۱۰، ۶۰ التغلیظات الحلزونیة ۲۲ تغیرات کیمیائیة ۱۳ تفاعلات لونیة ۱۸ تکرین الحشب ۲، ۱۰، ۱۸، ۳۵، ۱۱۰ تکوین الحشب ۲، ۱۵، ۱۲، ۱۲۰ تکوین الحلایا ۲ تیلوزات ۲۱، ۱۲، ۲۲، ۳۲



ثابت الازدواج الكهربائي ١٦٦، ١٩٩ الماء ثانوية ٢٠ ه ، ١٦٩ فا ١٦٩ ثانوية ٢٠ ه ، ١٦٩ الماء ١٦٩ ثانوية ٢٠ ه ا ١٦٩ الماء الماء الماء ١٦٩ الماء ١٦٠ الماء ١٦٠ الماء ١٦٠ الماء ١٤٠ الماء الماء الماء الماء الماء الماء الماء الماء الماء الماء الماء الماء ثوابت المواص الميكانيكية ٢٠٤ ، ٢١١ مؤابت المرونة موك ٢٢٣ شوابت المرونة ٢٣٥ شوابت المرونة ٢٣٥



جالا كتيورنيك ٧٤ الجدار الثانوي ٤٠، ٤٧، ٦٥، ٨٣، ١٢٢، ١٤١

تأثير رسل ١٩ التاج الشجري ١٠، ١٤، ١٥ التانينات النباثية ٩٧ ، ٩٦ تباین لونی ۱۵ التثقب ٣٨ تجفيف الخشب ١٢٩ التحلل بالفطريات ١٧ تحلل ماتي ٥٧، ٧٤، ٩٦، ١٤١، ١٤٩ التحليل الكيموحيوي ١٤٩ تعليل كيمياتي ٩٩ النخليق الحيوى ١٠٣ تراكيب سيتوبلازمية ٤٣ الترتيب التشريحي للخشب ١٨٨ ، ٢٠٩ ترتيب مجعد للألياف ٢٠ ، ١٣٢ ترتيب الميكر وفرلات ٣٨.٣٥ ترددات ۱۹۳

تشققات قطرية ١١٨

الجدار الخلوي ۷-۹، ۳۸، ۶۰، ۱۰۰، ۱۰۲ حدار الخلمة ۲۱، ۸۹

جدار الخلية ٤١، ٨٩ المخلية ٤١ المه جدار الفصيبات ١٣ الجدار المتناقل ٤١ جداء ٩٠ جداء ٩٠ المجدار ٥٧ المجدار ٩٠ المجدار ٩٠ المجدار ١٠٣ المجدار الاندريدي ١٠ جلوكومانات ٧٠ جلوكومانات ٧٠ جلوكسيدات ٩١ المجدار ٣٠ المجدار ٩٠ المجدار ٩٠ المجدار ٩٠ المجدار ٩٠ المجدار ٩٠ المجدار ١٩٠ المجدار ١٩٠ المجدار المجدار المجدار المجدار ١٩٠ المجدار المجد

O

حافز هرموني ۸ الحجم الخلوي ۷ حلقات السنوية ۲۱، ۱۳ حلقات النمو المتنالية ۲۰ هض جالاكتيورنيك ۷۶ هض كبريتيك ۷۰ همض كلوريت الصوديوم ۸۵ همض هيلاروكلوريك ۷۰ حمض هيلاروكلوريك ۷۰

خشب ۱ خشب الانضغاط ۱۳۲، ۱۲۳ الخشب الحديث ۱۰، ۱۶، ۱۰

الخشب الخارجي ١٤ خشب الشد ١١٩، ١٢١ خشب الصيف والمأخر ٨، ١٣-١٠

خشب العصارة 10, 14 خشب القلب 10,19, 40, 94

> الخشب المبكر والمتأخر ١٣ الخلايا ٢، ٥

> > الخلايا البرانشيمية ٣٣ خلايا خشسة ٣٤

خلايا طلائية ٣١ الخلايا المرستيمية ٢، ٣

فلايا المرستيمية ٢ ، ٦

الراتنجيات ٣٤، ٢٧٥ روابط هيدروجينية ٢٠٣

10 : 41 : 171 : 17

الزان ۲۱، ۳۰، ۸۰، ۱۱۰ الزيلان ۴۸، ۷۲

0

السرسوع ۹۰ السرو ۸۸ السليلوز ۴۷ ، ۵۸ ، ۵۷ – ۹۷ ، ۲۳۰ السنديان ۳۰ ، ۹۵ ،

السنديان الأبيض ٣٤، ١٩٥، ١٨٣ ، ١٨٣ السنط الكاذب ١٧ السيدر الأحر ١٨

9

الصائدات ۱۹، ۲۳، ۲۳، ۲۷، ۲۸، ۳۰، ۳۰، ۳۰ ۲۳، ۳۵، ۸۶ المبغصاف ۱۹، ۹۹ صقیع ۱۱۸ المستوغ ۳۶ صمینیة ۱۲ الشند، دات ۱۸

9

ظاهرة الادمصاص ١٦٨ ظاهرة التعب ٧٧٧ ظاهرة الزحف ٧٢٧

الصواعق ١١٨

0

العرعر 10 ، 14 ، 14 العطب 274 العطب الطري 120 ، 127

C

الفجوة الخلوية ١٠

القطريات ۱۳۸ فطريات ۱۳۹ فطريات العطب البني ۱۳۸ ۱۳۹ فطريات العطب البني ۱۳۹ الفطريات الملموة للأخشاب ۱۳۳ ، ۱۳۳ ، ۱۳۳ ، ۱۳۷ ، ۱۳۷ ، ۱۶۷

القلافونيدات ۹۲، ۹۳، ۹۷، ۹۸. فيوزفورمية ۲۸

6)

القصيبات الشعاعية ٢٤، ٢٥، ٢٦، ٢٥ قنوات راتنجية ٢٤، ٢٧، ٣٤، ٣٥ قق ٢١، ٢٠

الكازورينا ۳۰ ، ۱۱۱ ، ۲۳۲ ، ۱۱۳ ، ۲۳۲ ، ۲۳۲ ، ۲۳۲ ، ۲۳۲ ، ۲۳۲ ، ۲۳۲ ، ۲۳۲ ، ۲۳۲ ، ۲۳۲ ، ۲۳۲ ، ۲۳۲ ، ۲۳۲ ، ۲۳۲ ، ۲۰۳ کحول الكونوفيريل ۲۰۳ ، ۱۰۳ الكينونات ۱۹ ، الكينونات ۱۹ ، الكينونات ۹۵

0

اللب ٥٨

لجننة ۷۷، ۲۷، ۷۷ لجنين ۶۷، ۶۵، ۲۵، ۲۷، ۷۸. ۵۰–۸۳. ۱۱۳ لحاء اولي ۳

لحاء ثانوي ٣ لحاثمة ٥

0

الماهوجتي ۲۰، ۱۹ محلول خض كلوريت الصوديوم ۵۰

المخروطيات ٢، ٢٧، ٣١، ٣٥، ٤٠ المركبات الفينولية ٨٩

الستخلصات ٥، ٧، ١١، ١٦، ١٧، ١٩،

۷۷، ۳۵، ۵۵، ۵۸، ۸۲ المستخلصات الخشبية ۹۰

... معامل التوصيل الحراري ١٩٠ معراة البذور ٣٣

ميكــروفــــرلات ٧. ٣٥ــ٣٧، ٥٧، ٦٠.

117:31.70

النضج ١، ٧

النقر ۱۷، ۲۷، ۲۸، ۴۵، ۱۱ النقر الهدبية ۱۱

> النمو السنوي ١١ النمو القطري ٥

4

الهيموسليولوز ٤٧ ، ٥٣_٧٥

0

وحدات بنائية ٦١، ٦٢، ٢٦، ٧٨

